

Revoir

Big Data, science des données et intelligence artificielle pour les projets Management dans les domaines de l'architecture, de l'ingénierie et Industrie de la construction : une revue systématique

Sergio Zabala-Vargas*, María Jaimes-Quintanilla et Miguel Hernán Jimenez-Barrera



Especialización en Gerencia de Proyectos/Ingeniería Industrial, Rectoría Virtual, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá DC 111021, Colombie ; maria.jaimes.q@uniminuto.edu (MJ-Q.); mjimenez@uniminuto.edu (MHJ-B.)

* Correspondance : sergio.zabala@uniminuto.edu

Résumé : Le volume élevé d'informations produites par la gestion de projet et sa qualité sont devenus un défi pour les organisations. De ce fait, les technologies émergentes telles que le big data, la science des données et l'intelligence artificielle (ET) sont devenues une alternative dans le cycle de vie des projets. Cet article vise à présenter une revue systématique de la littérature sur l'utilisation de ces technologies dans l'industrie de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction. Une méthodologie de collecte, de purification, d'évaluation, d'analyse bibliométrique et catégorielle a été utilisée. Au total, 224 articles ont été trouvés qui, grâce à la méthode PRISMA, ont finalement généré 57 articles. L'analyse catégorielle s'est concentrée sur la détermination des technologies utilisées, des méthodologies les plus courantes, des domaines de gestion de projet les plus discutés et des contributions à l'industrie de l'AEC. L'étude a révélé que la Chine, les États-Unis et le Royaume-Uni exercent un leadership international. Le type de recherche le plus utilisé est quantitatif. Les domaines de connaissances dans lesquels les ET sont les plus utilisés sont le coût, la qualité, le délai et la portée. Enfin, parmi les contributions les plus marquantes figurent : la prédiction dans le développement des projets, l'identification des facteurs critiques, l'identification détaillée des risques, l'optimisation de la planification, l'automatisation des tâches et l'augmentation de l'efficacité ; tout cela pour faciliter la prise de décision de gestion.



Citation : Zabala-Vargas, S. ;
Jaimes-Quintanilla, M. ;

Jimenez-Barrera, MH Big Data, Données
Science et intelligence artificielle pour la
gestion de projets dans les
secteurs de l'architecture, de
l'ingénierie et de la construction : une
revue systématique. *Bâtiments*
2023, 13, 2944. <https://doi.org/10.3390/building13122944>

Rédacteur académique : Maziar Yazdani

Reçu : 17 octobre 2023

Révisé : 20 novembre 2023

Accepté : 23 novembre 2023

Publié : 25 novembre 2023



Copyright : © 2023 par les auteurs.
Licencié MDPI, Bâle, Suisse.

Cet article est un article en libre accès
distribué selon les termes et
conditions des Creative Commons

Licence d'attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Mots-clés : intelligence artificielle ; industrie de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction (AEC); Big Data; science des données ; jumeaux numériques ; Internet des objets ; gestion de projet

1. Introduction

L'industrie de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction (AEC) est l'un des secteurs économiques les plus dynamiques au monde. C'est également une source essentielle de croissance économique à la suite de la pandémie de COVID-19. La valeur marchande du secteur atteindra 14 700 milliards de dollars d'ici 2030. À son tour, ce secteur est associé à au moins 13 % du produit intérieur brut mondial et emploie plus de 200 millions de personnes dans le monde [1]. Dans ce contexte, la gestion de projet dans le secteur AEC présente de multiples défis liés à sa complexité. Les phases de conception et de construction sont consécutives, articulées et dépendantes. Les bâtiments subissent des modifications de conception constantes qui sont informées par les exécutants, ainsi que des processus bidirectionnels, jusqu'à ce que le produit soit livré de manière satisfaisante après le projet [2,3].

Parmi les problèmes internationaux les plus importants dans la gestion des projets AEC figurent les suivants [2,4–7] : • Problèmes

de planification : manque d'évaluation détaillée des ressources, estimations et orientation incorrectes.
problèmes de définition des activités.

• Échecs de communication : problèmes de communication entre les sous-traitants, les parties prenantes, les fournisseurs, les clients et les

équipes de projet. • Gestion du périmètre inexacte : intégration de modifications non autorisées et manque de clarté dans l'inclusion des aspects cruciaux du projet.

- Problèmes de contrôle des coûts : projets dépassant le budget, mauvaises estimations initiales et inflation des prix, entre autres.
- Difficultés de gestion des risques : retards de livraison, problèmes de qualité, problèmes de sécurité et manque d'argent, entre autres.

Problèmes de qualité : manque de normes claires, défauts, plaintes et faible satisfaction.

Non-respect des métriques établies.

Bon nombre de ces défis en matière de gestion de projet, principalement lorsqu'un grand volume de données a été utilisé, ont été relevés ces dernières années grâce à de nouveaux modèles, concepts et technologies. Plusieurs auteurs ont proposé de tirer parti des nouvelles technologies telles que le big data, la science des données et l'intelligence artificielle dans la gestion des projets AEC [8-12].

Le premier aspect à considérer dans cet article est le big data, compris comme l'utilisation de grands ensembles de données pour analyser des modèles, des tendances et des comportements [13]. Ce concept met en avant l'utilisation de nouvelles architectures et conceptions logicielles pour rendre le processus plus efficace [14-17]. Il existe de nombreux modèles pouvant être utilisés pour traiter le Big Data. L'un d'eux propose les étapes suivantes : la collecte de données, l'identification et la compréhension des problèmes, le prétraitement des données, l'exploration de données, l'évaluation, la modélisation, les résultats et la génération de connaissances utiles [18,19].

Dans le secteur de la construction, les mégadonnées ont été utilisées pour créer des modèles prédictifs afin d'optimiser les coûts, d'automatiser la planification des activités, d'établir des bases de connaissances à partir de données historiques et d'améliorer les mesures des indicateurs de qualité, entre autres [20-25].

Une deuxième technologie devenue très populaire est la science des données, comprise comme la discipline chargée d'extraire des informations précieuses à partir de grands ensembles de données. En science des données, l'utilisation de statistiques et d'algorithmes automatiques est un aspect crucial [26-28]. Les objectifs de la science des données comprennent, entre autres, l'identification des tendances et des segmentations sur un marché, la caractérisation et le profilage des parties prenantes et la facilitation de la gestion des risques [29]. Certaines des méthodologies possibles pour réaliser la science des données sont : KDD (Knowledge Discovery in Databases), SEMMA (Sample, Explore, Modify, Model, and Access), ASUM DM, TDPS et CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Exploration de données). Chacun a ses propres caractéristiques, avantages et inconvénients [30].

Dans le secteur de la construction, la science des données a été principalement utilisée pour les objectifs suivants : améliorer le cycle de vie du projet intégré au BIM ; amélioration de la qualité des processus de conception et de construction ; prise de décision relative au projet ; estimation paramétrique des coûts ; et le suivi de la portée du projet et la gestion des risques [31-37]. En ce sens, il existe une nette différence entre le big data et la data science. Le premier se concentre sur le volume, la variété et la vitesse des mégadonnées, et le second fournit les méthodes et techniques permettant de les analyser et d'en extraire des informations utiles.

Une autre technologie importante pour cette revue est l'intelligence artificielle, qui apparaît comme une stratégie basée sur des algorithmes qui permettent aux machines (dans une compréhension large de cette définition) d'exécuter des processus, de prendre des décisions et d'imiter le cerveau humain [38-41].

Il s'agit essentiellement d'algorithmes capables d'apprendre et de s'entraîner eux-mêmes. Certaines des applications les plus importantes de l'intelligence artificielle sont l'analyse prédictive des processus, l'estimation de modèles et la conception de solutions adaptées aux contextes et aux contraintes.

Parmi les technologies d'intelligence artificielle les plus populaires figurent : l'apprentissage profond, la machine à vecteurs de support (SVM), l'algorithme des K-nearest Neighbours, la forêt aléatoire, l'arbre de décision et le classificateur naïf de Bayes. Les algorithmes génétiques, les réseaux de neurones, la logique floue, l'apprentissage automatique et la vision par ordinateur sont également des exemples d'intelligence artificielle et sont populaires dans l'industrie AEC [38,42,43]. Dans le secteur de la construction, leur utilisation a été mise en évidence pour la planification automatique des activités, l'optimisation de la gestion des ressources, une communication efficace de l'information et des plateformes collaboratives et l'amélioration de la gestion des coûts, entre autres [44-47].

Cette revue contribue spécifiquement à générer un état de l'art actualisé sur l'utilisation des technologies émergentes (big data, science des données et intelligence artificielle) dans le cycle de vie des projets, principalement dans l'industrie de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction (AEC). Il cherche à être un guide, à aborder le sujet afin que les universitaires et les entreprises du secteur productif puissent reconnaître et intégrer ces technologies. Méthodologiquement, il

propose l'utilisation de la revue systématique de la littérature proposée par [48] et de la méthode PRISMA. Le manuscrit est organisé comme suit : Méthodologie (Section 2), Analyse bibliométrique (Section 3), Analyse catégorique (Section 4), Discussion et conclusions (Section 5), Limites et orientations futures de la recherche (Section 6) et implications pratiques. - tions de la Revue (Section 7).

2. Matériels et méthodes

Cet article se veut une contribution à la littérature académique, identifiant à travers une revue systématique de la littérature, basée sur la méthodologie proposée par [48], l'utilisation, l'appropriation et les résultats de l'incorporation du big data, de la science des données et de l'intelligence artificielle. - une licence dans le secteur de la construction. Cette contribution permettra aux personnes intéressées par le sujet de mieux comprendre les dynamiques existantes au niveau mondial. Cette méthodologie propose une phase de six étapes, résumées comme suit : (1) formulation de questions de recherche pour guider la revue systématique de la littérature ; (2) définition des termes de recherche et des équations, ainsi que sélection des bases de données les plus pertinentes pour le domaine de connaissances ; (3) la formulation de critères d'inclusion et d'exclusion, qui nous permettent de définir davantage et d'affiner la recherche bibliographique ; (4) analyse bibliométrique des articles issus de la revue ; (5) évaluation de la qualité scientifique des publications obtenues selon des critères de qualité prédéfinis , incluant dans la catégorie finale l'analyse de seulement celles qui ont réussi cette évaluation ; et (6) mener une analyse catégorique axée sur l'utilisation, l'appropriation et les défis liés à l'utilisation des technologies dans le secteur de la construction. Le développement de ces étapes est présenté ci-dessous : Étape 1 : question de recherche (RQ) : Les questions

suivantes ont été considérées, toutes sur la base des enregistrements obtenus :

RQ_1 : Quelles sont les technologies les plus utilisées dans les articles trouvés dans la revue ?

RQ_2 : Quelles sont les voies méthodologiques les plus utilisées ?

RQ_3 : Quels sont les domaines spécifiques les plus utilisés de la gestion de projets de construction (issus des domaines de connaissances du PMI) ?

RQ_4 : Quelles sont les principales recommandations concernant la mise en œuvre des technologies émergentes dans le secteur de la construction ?

Étape 2 : Bases de données et termes de recherche : La revue bibliographique est réalisée dans l'index bibliographique Scopus. L'équation utilisée était : («

gestion de projet » OU « administration de projet ») ET (« big data » OU « science des données » OU « Intelligence artificielle ») ET (« bâtiments » OU « génie civil » OU architecture OU « installations » gestion » OU AEC).

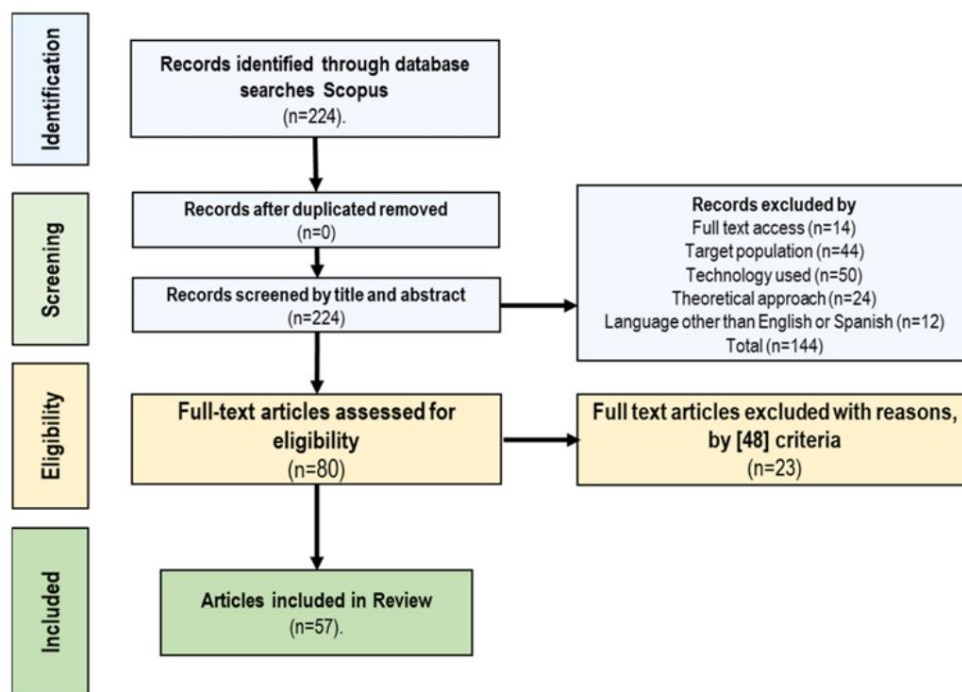
Après avoir unifié les résultats des cinq bases de données, les données ont été épurées (élimination des doublons, ajustement des auteurs aux noms multiples et ajustement des affiliations aux noms différents, entre autres). Cela a été réalisé à l'aide du logiciel VantagePoint 12.

Étape 3. Formulation des critères d'inclusion et d'exclusion : Les critères d'inclusion et d'exclusion initiaux proposés dans l'examen étaient les suivants : (1) période d'examen : 2015-2022 ; (2) les types de documents inclus dans la revue sont des articles dans des revues , des documents de conférence et des revues systématiques de la littérature. C'est avec ce corpus de connaissances que l'analyse bibliométrique de cet article a été réalisée.

Étape 4. Analyse bibliométrique des articles : Dans cette étape, l'analyse bibliométrique est effectuée avec des indicateurs spécifiques pour déterminer les tendances liées au domaine de connaissance et l'évolution que celui-ci a connu. L'outil d'analyse des données Scopus permet, après épurée des doublons, d'obtenir : (1) une analyse du nombre de publications par an, (2) une analyse selon le type de publication, (3) une analyse des principaux scénarios (journaux) où se trouvent les documents, et (4) une analyse des publications par pays.

Étape 5. Analyse de la qualité scientifique des publications : Afin de clarifier davantage l'examen systématique des questions de recherche proposées, les critères suivants sont établis pour le processus de sélection : (1) les documents doivent être en texte intégral, (2) les documents doivent être associés au secteur de la construction, (3) les documents doivent avoir, comme technologie utilisée, celles qui intéressent l'article, et (4) les documents ne doivent pas être uniquement théoriques.

Les lignes directrices sur les éléments de rapport préférés pour les revues systématiques sont illustrées dans la figure 1. Les lignes directrices sur les éléments de rapport préférés pour les revues systématiques de PRISMA sont illustrées dans la figure 1.



Cependant, le tableau 1 répertorie un identifiant (ID) pour chacun des articles de la revue, le titre, la référence bibliographique, l'année de publication, le nombre de citations, le type de document, la méthodologie utilisée et la principale technologie appliquée. .

Tableau 1. Liste complète des articles inclus dans cette revue.

Numéro	Titre	Année	Taper	Méthode	Technologie
1	L'intelligence artificielle dans l'industrie AEC : Scientometric analyse et visualisation des activités de recherche [36].	2020	Revoir	Revue de littérature	Intelligence artificielle
2	Faire le pont entre le BIM et le bâtiment : d'une revue de la littérature à un cadre conceptuel intégré [9].	2015	Article	Quantitatif	Mégadonnées/Science des données
3	Intégrer la PNL sémantique et le raisonnement logique dans un système unifié pour la vérification de code entièrement automatisée [12].	2017	Article	Quantitatif	Intelligence artificielle/Grand Données
4	Une approche efficace pour l'effort de projet logiciel et estimation de la durée avec l'apprentissage automatique algorithmes [10].	2018	Article	Quantitatif	Intelligence artificielle/données Science
5	Construction avec des systèmes d'information jumeaux numériques [11].	2020	Article	Quantitatif	Intelligence artificielle/Grand Données/Science des données
6	Apprentissage profond dans le secteur de la construction : un examen de état actuel et innovations futures [53].	2020	Article	Quantitatif	Intelligence artificielle/Grand Données
7	Optimiser les décisions dans la fabrication avancée de produits préfabriqués : théoriser la chaîne d'approvisionnement configurations en construction hors site [8].	2017	Article	Quantitatif	Science des données
8	Comparaison de l'AHP et de l'ACB comme méthodes de décision pour résoudre le problème de choix dans la conception détaillée [54].	2015	Article	Mixte	Science des données
9	Tendance de recherche sur l'application de l'information technologies dans les déchets de construction et de démolition gestion [37].	2020	Revoir	Revue de littérature	Intelligence artificielle/Grand Données
dix	Un cadre pour l'informatisation basée sur les données du entreprise de construction [55].	2019	Article	Qualitatif	Mégadonnées/Science des données
11	Contrôle basé sur les performances de la variabilité et de la tolérance dans fabrication et assemblage hors site : optimisation des pénalité en cas de mauvaise qualité de production [56].	2020	Article	Qualitatif	Intelligence artificielle/données Science
12	Enrichissement sémantique des informations sur les bâtiments et la ville modèles : une revue décennale [57].	2021	Article	Mixte	Science des données
13	Enquête sur la rentabilité de la construction projets utilisant le big data : une approche d'analyse de projet [58].	2019	Article	Quantitatif	Big Data
14	Évaluation des stratégies de modularisation industrielle : Local vs. à l'étranger [59].	2020	Article	Quantitatif	Science des données
15	Prédire la volatilité des coûts de construction d'autoroutes Index utilisant la mémoire à long terme [60].	2020	Article	Quantitatif	Intelligence artificielle
16	Système basé sur la connaissance pour résoudre les conflits de conception dans construire des modèles d'information [61].	2020	Article	Qualitatif	Intelligence artificielle
17	Aperçu des applications des technologies de capteurs pour Machines de construction [62].	2020	Article	Quantitatif	Mégadonnées/Science des données
18	Construire un modèle de prédiction basé sur des ensembles approximatifs pour classer les projets de construction à grande échelle en fonction de indice de réussite durable [4].	2018	Article	Quantitatif	Intelligence artificielle/données Science
19	Estimation de la durée de construction d'une paroi moulée en utilisant le vecteur de support des moindres carrés optimisé par Firefly machine [63].	2018	Article	Quantitatif	Intelligence artificielle
20	Options et défis liés à l'emploi de jumeaux numériques en gestion de la construction [64].	2022	Article	Qualitatif	Intelligence artificielle/Grand Données/Science des données
21	État de la recherche et défis de la recherche basée sur les données Gestion de projets de construction dans le Big Data Contexte [47].	2021	Revoir	Revue de littérature	Intelligence artificielle/Grand Données/Science des données
22	Surveillance automatisée des chantiers de construction d'électricité Sous-stations électriques utilisant le Deep Learning [65].	2021	Article	Mixte	Intelligence artificielle/données Science
23	Modèle de langage d'apprentissage automatique Transformer pour alignement automatique des plans à long terme et à court terme dans construction [66].	2021	Article	Qualitatif	Intelligence artificielle
24	L'efficacité de la gestion de projet construction avec le consensus sur l'exploration de données et la blockchain [67].	2021	Article	Mixte	Intelligence artificielle/Grand Données/Science des données
25	Apprentissage profond optimisé pour la recherche d'organismes symbiotiques technique de cartographie des flux de trésorerie de construction compte tenu de la complexité du projet [68].	2020	Article	Quantitatif	Intelligence artificielle/données Science
26	Une anatomie des flux de production de déchets dans la construction projets utilisant des données passives plus volumineuses [69].	2020	Article	Quantitatif	Big Data
27	Développement et application d'une industrie Informations sur la protection Metro basée sur les classes de base Modèle [70].	2018	Article	Mixte	Intelligence artificielle/Grand Données/Science des données
28	Intelligence artificielle et robotique pour les produits préfabriqués et Construction modulaire : une littérature systématique Révision [71].	2022	Revoir	Revue de littérature	Intelligence artificielle
29	Mise en œuvre de méthodologies de télédétection pour Recherche en construction : un système aéroporté inoccupé Point de vue [72].	2022	Revoir	Revue de littérature	Science des données
30	Une métaheuristique hybride intelligente et floue algorithme d'analyse de la résistance, de l'énergie et du coût optimisation des matériaux de construction dans la construction gestion [73].	2021	Article	Quantitatif	Intelligence artificielle
31	Un outil d'algorithme génétique pour la conception structurelle conceptuelle avec optimisation des coûts et du carbone incorporé [74].	2022	Article	Quantitatif	Intelligence artificielle
32	Gestion et contrôle des coûts des projets de construction Système basé sur le Big Data [75].	2022	Article	Mixte	Big Data
33	Enquête sur la gestion intelligente de la sécurité système d'information pour la construction d'énergie nucléaire projets [76].	2020	Conférence Papier	Qualitatif	Intelligence artificielle/Grand Données/Science des données

Tableau 1. Suite

	Titre	Année	Taper	Méthode	Technologie
34	Construction d'un système de conception de bâtiments intelligents Basé sur le BIM et l'IA [77].	2020	Conférence Papier	Qualitatif	Intelligence artificielle/Grand Données
35	Intelligence artificielle dans les actifs de construction Gestion : examen de la situation actuelle et des défis Et les opportunités futures [78].	2022	Article	Quantitatif	Intelligence artificielle
36	Développement d'un modèle d'intelligence de données intégratif pour Estimation du coût de construction [79].	2022	Article	Qualitatif	Intelligence artificielle
37	Gestion intelligente des risques dans les projets de construction : Revue systématique de la littérature [80].	2022	Article	Quantitatif	Intelligence artificielle
38	Suivi automatisé de l'avancement des projets de construction en utilisant l'apprentissage automatique et le traitement d'images approche [81].	2022	Article	Qualitatif	Intelligence artificielle/données Science
39	Acceptation des technologies contemporaines pour le coût Gestion des projets de construction [82].	2022	Article	Quantitatif	Intelligence artificielle/données Science
40	Le mécanisme d'influence du BIM sur la construction écologique Gestion de projet d'ingénierie en arrière-plan du Big Data [83].	2022	Article	Mixte	Science des données
41	Explorer l'application de la technologie BIM dans le Processus complet de gestion des coûts de construction avec Intelligence informatique [84].	2022	Revoir	Revue de littérature	Science des données
42	Développement d'un système d'évaluation économique pour Projet de construction basé sur la technologie informatique [85].	2022	Article	Qualitatif	Intelligence artificielle
43	Technologie d'intelligence artificielle basée sur Deep Apprentissage dans le système de gestion de la construction de bâtiments Modélisation [86].	2022	Article	Quantitatif	Intelligence artificielle/données Science
44	Gestion de projets de travaux complexes renforcée par Technologies numériques [87].	2022	Conférence Papier	Qualitatif	Intelligence artificielle/Grand Données/Science des données
45	Recherche sur la conception détaillée de bâtiments préfabriqués basé sur le BIM et le big data [88].	2021	Conférence Papier	Revue de littérature	Mégadonnées/Science des données
46	Recherche sur les technologies clés de construction du bâtiment Ingénierie dans le contexte du Big Data [89].	2021	Conférence Papier	Mixte	Mégadonnées/Science des données
47	Système de réponse aux requêtes pour les informations sur le bâtiment Modélisation utilisant l'algorithme BERT NN et NLG [90].	2021	Conférence Papier	Qualitatif	Intelligence artificielle/données Science
48	Recherche sur le modèle de gestion collaborative numérique des projets d'ingénierie basés sur BIM et IPD [91].	2021	Conférence Papier	Mixte	Intelligence artificielle/Grande Données
49	Une méthode d'utilisation du Big Data d'images : automatisée Surveillance des progrès basée sur les données d'image pour les grands Chantier de construction [92].	2021	Conférence Papier	Mixte	Mégadonnées/Science des données
50	Conception d'une méthode d'alignement de process mining pour développer des capacités d'analyse de Big Data [93].	2021	Conférence Papier	Mixte	Mégadonnées/Science des données
51	Le Big Data comme outil de gestion des risques de projet [94].	2018	Conférence Papier	Mixte	Big Data
52	Lacs de données en business intelligence : reporting du tranchées [95]	2018	Conférence Papier	Qualitatif	Big Data
53	L'exploration appliquée de la technologie Big Data dans Gestion de projets de construction préfabriquée [96]	2017	Conférence Papier	Qualitatif	Mégadonnées/Science des données
54	Transformation numérique de la conception de la construction basée sur la modélisation des informations du bâtiment et l'internet des des choses [97]	2021	Conférence Papier	Qualitatif	Mégadonnées/Science des données
55	Les défis du Big Data à l'ère de l'information du bâtiment modélisation : un pipeline conceptuel de haut niveau [98]	2015	Conférence Papier	Revue de littérature	Big Data
56	Technologie numérique en architecture, ingénierie et Industrie de la construction (AEC) : tendances de la recherche et Statut pratique vers la construction 4.0 [22]	2022	Conférence Papier	Quantitatif	Intelligence artificielle/Grand Données/Science des données
57	Industrie de la construction collaborative intégrée Cadre de système de service de gestion basé sur Big Données [99]	2019	Conférence Papier	Qualitatif	Mégadonnées/Science des données

Étape 6—Analyse par catégorie : Cette analyse a identifié des éléments qui nous ont permis de répondre les questions de recherche. En premier lieu (lié à la question 1), les technologies les plus utilisés dans le secteur, destinés à la gestion de projets, ont été identifiés à partir de chaque registre. En plus de celles définies comme catégories initiales : big data, data science et intelligence artificielle, l'Internet des objets (IoT) a également été inclus comme catégorie émergente. Associé à question 1, les différentes voies méthodologiques de chaque registre ont été passées en revue, en tenant compte qualitative, quantitative, mixte et une revue systématique de la littérature. Dans ce cas, le Les modèles de recherche spécifiques utilisés ont également été examinés.

La revue des domaines spécifiques de la gestion de projet est présentée en question trois, analysés à partir des domaines de connaissance du PMI [100]. Sur la base de l'examen de les conclusions et recommandations des articles, les lignes directrices, suggestions et les travaux futurs proposés dans la recherche associés aux dossiers sélectionnés sont analysés pour question 4. Ces éléments répondent à la question centrale : Comment les technologies émergentes

en privilégiant une revue qualitative, quantitative, mixte et systématique de la littérature. Dans ce
Dans ce cas, les modèles de recherche spécifiques utilisés ont également été examinés.

L'examen des domaines spécifiques de la gestion de projet est présenté dans la troisième question,
analysés à partir des domaines de connaissance du PMI [100]. Sur la base de l'examen du projet
conclusions et recommandations des articles, les lignes directrices, suggestions et futurs

Les travaux proposés dans les recherches associés aux dossiers sélectionnés sont analysés pour la question
4. Ces éléments répondent à la question centrale : Comment les technologies émergentes (grandes
données, sciences des données, intelligence artificielle) sont-elles mises en œuvre dans les travaux de génie civil et
gestion de projet de construction ?

3. Analyse bibliométrique

Cette section présente l'analyse bibliométrique associée à la revue de la littérature.
La première analyse présentée est le nombre de publications par an. Il est limité à la gamme
de 2015 à 2022, fenêtre temporelle utilisée dans l'examen. Une tendance progressive a été
observée récemment, avec une pente positive jusqu'en 2022, comme le montre la figure 2.

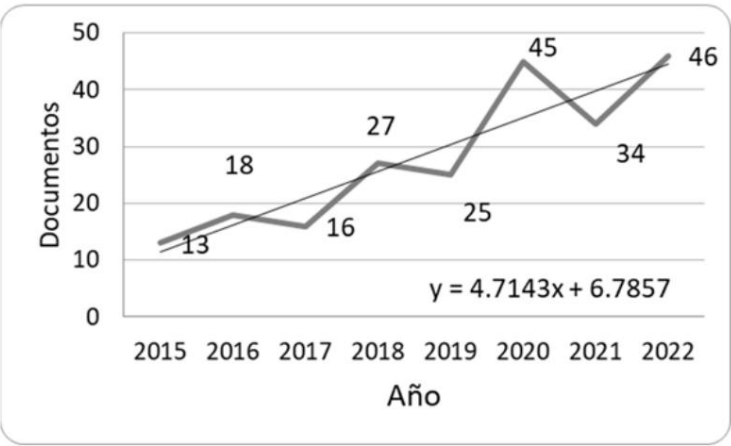


Figure 2. Documents par année.

Concernant le type de documents trouvés dans la revue : articles de conférence (55%), scientifiques
articles dans des revues indexées (31%), critiques de conférences (8%) et critiques (6%). Concernant
la dispersion de la littérature scientifique, la liste des publications (revues et conférences)
avec le plus grand nombre d'enregistrements est présentée dans le tableau 2.

Tableau 2. Liste des sources (conférences et magazines) avec le plus grand nombre de notices.

Taper	Titre	Titre	ISSN/ISBN	Quartile (Scopus)	Quartile H	Indice H	Nombre de notices
Conférence	Conférence internationale ACM	Série d'actes de la conférence internationale ACM	N / A	S.O. 137	(Scopus)		11
Conférence	Procedia Informatique	Procedia Informatique	18770509	N / A		137	11
Journal	Avancées dans les systèmes intelligents et l'informatique	Avancées dans les systèmes intelligents et l'informatique	21945365	S.O. 109		109	11
Journal	Progrès dans les systèmes intelligents et l'informatique	Progrès dans les systèmes intelligents et l'informatique	21945365	T4	58	58	8
Journal	Automatisation dans la construction	Automatisation dans la construction	9265805	T1	157	157	7
Conférence	Communications en informatique et en sciences de l'information	Communications en informatique et en sciences de l'information	18650937	T4	62	62	6
Conférence	Série de conférences	Série de conférences	42426588	T4	T4 91	91	5

La dynamique de publication par pays est menée par la Chine. Ce pays représente
34% des enregistrements trouvés dans la revue. En deuxième position se trouvent les États-Unis avec 10%,
des documents trouvés dans l'examen. En deuxième position se trouvent les États-Unis avec 10 %, suivis
par d'autres pays comme le Royaume-Uni, l'Australie et Hong Kong. La figure 3 montre
ces résultats plus en détail.

En revanche, quant au réseau de co-auteurs, il se présente avec le support
du logiciel VOSviewer 1.6.20. Un nœud central est observé en Chine, qui maintient un
réseau de collaboration avec l'Australie, Hong Kong et Singapour. Iran, Irak, Arabie Saoudite,
et la Malaisie partagent également des co-auteurs. En Europe, il y a une interaction entre les États-Unis
Royaume-Uni, Norvège et Israël. Il est important de noter qu'il n'y a pas de co-auteur fort
réseau, et il reste nécessaire d'accroître les échanges et la coopération dans ce domaine, comme le montre
dans la figure 4. Enfin, la relation entre les principaux mots-clés des articles est présentée
dans la figure 5. Les occurrences se distinguent comme suit : gestion de projet (192),
intelligence (92), conception architecturale (58), mégadonnées (67) et gestion de l'information (57).

suivi par d'autres pays comme le Royaume-Uni, l'Australie et Hong Kong. La figure 3 montre ces résultats plus en détail.

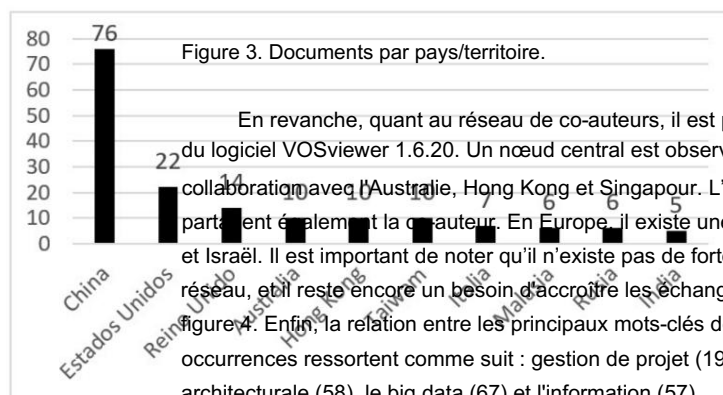


Figure 3: Documents par pays/territoire.

En revanche, quant au réseau de co-auteurs, il se présente avec le support du logiciel VOSviewer 1.6.20. Un nœud central est observé en Chine, qui maintient un réseau de collaboration avec l'Australie, Hong Kong et Singapour. Iran, Irak, Arabie Saoudite, et la Malaisie partagent également des co-auteurs. En Europe, il y a une interaction entre les États-Unis Royaume-Uni, Norvège et Israël. Il est important de noter qu'il n'y a pas de co-auteur fort réseau, et il reste nécessaire d'accroître les échanges et la coopération dans ce domaine, comme le montre dans la figure 4. Enfin, la relation entre les principaux mots-clés des articles est présentée dans la figure 510-21

occurrences se distinguent comme suit : gestion de projet (192), arti- Figure 4. Cartographie VOSviewer des co- auteurs par pays.

l'intelligence officielle (92), la cartographie à VOSviewer des 580 auteurs par (97) et la gestion de l'information (57).

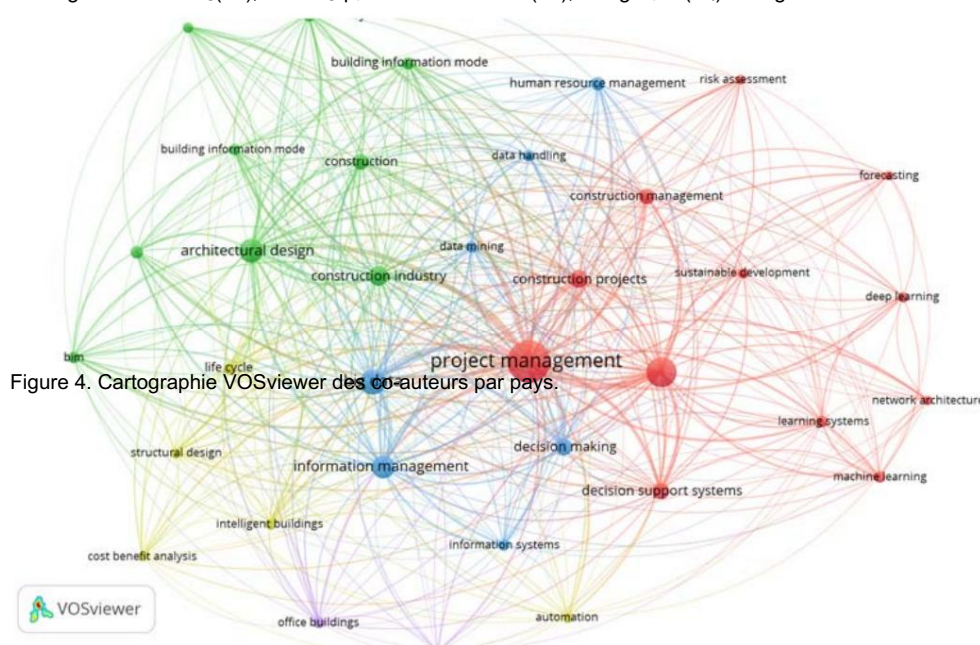


Figure 5. Cartographie de cooccurrence de VOSviewer par mot-clé.

4. Analyse catégorielle

Cette section présente les résultats qui nous permettent de répondre aux questions de recherche. Cette analyse a été réalisée à la suite de l'étape 6, présentée dans la méthodologie. La nomenclature des articles présentée dans les tableaux 3 à 5 est liée à celle établie dans l'ID du tableau 1. La clarté présentée dans les tableaux 3 à 5 est liée à celle établie dans l'ID du tableau 1.

4.1. Question 1 : Quelles sont les technologies les plus utilisées dans les articles de la revue ?

Car les archives ne présentent pas un type de technologie spécifique, mais au contraire, plusieurs en combinent deux ou plus, il a été décidé de les classer dans les catégories indiquées dans le tableau 3.

Tableau 3. Résumé des articles par technologie utilisée.

Type de technologie	Nombre d'articles	Des articles
Intelligence artificielle	12	1, 15, 16, 19, 23, 28, 30, 31, 35, 36, 37, 42.

Tableau 3. Résumé des articles par technologie utilisée.

Type de technologie	Nombre d'articles	Des articles
Intelligence artificielle	12	1, 15, 16, 19, 23, 28, 30, 31, 35, 36, 37, 42.
Mégadonnées/Science des données	9	2, 10, 17, 45, 46, 49, 50, 54, 57.
Intelligence artificielle/science des données	9	4, 11, 18, 22, 25, 38, 39, 43, 47.
Intelligence artificielle/Big Data/Science des données	8	5, 20, 21, 24, 27, 33, 44, 56.
Science des données	7	7, 8, 12, 14, 29, 40, 41.
Big Data	7	13, 26, 32, 51, 52, 53, 55.
Intelligence artificielle/Mégadonnées	5	3, 6, 9, 34, 48.

La première technologie à considérer en termes de nombre de publications est artificielle l'intelligence, considérée comme un paradigme basé sur des algorithmes permettant aux machines (à partir d'une compréhension large de cette définition) pour mener des processus, prendre des décisions et imitent généralement le cerveau humain [39,41]. Différentes approches d'intelligence artificielle et les applications incluent le traitement du langage naturel, la vision par ordinateur, les systèmes experts, la robotique et la reconnaissance vocale. Ces systèmes peuvent effectuer des tâches telles que l'analyse des conceptions de construction [36,71,74], optimisation de l'utilisation des matériaux [60,71], planning et la gestion des itinéraires critiques [63,66,78], l'analyse des risques et les évaluations économiques des projets [36,61,80], entre autres. Concernant les techniques spécifiques, nous avons constaté que les des réseaux de neurones (BPNN) ont été utilisés pour l'analyse de modèles, et le vecteur de support des moindres carrés. Une machine (LS-SVM) a été incorporée pour la prévision du temps et la planification des horaires. Aussi, l'intégration de l'Intelligence Artificielle et de la Robotique (AIR) pour une modularisation à grande échelle les processus sont abordés dans la revue, ainsi que l'analyse de Monte Carlo et la dynamique du système pour identification et gestion des risques. L'apprentissage automatique pour la gestion du temps est également utilisé dans plusieurs publications.

L'un des avantages de l'intelligence artificielle dans la gestion de projet est la capacité de traiter de grandes quantités de données et extraire des informations précieuses. Les algorithmes peuvent analyser modèles historiques, identifier les tendances et prédire les performances du projet. Cela aide à projeter les gestionnaires à prendre des décisions éclairées et à ajuster la planification et l'allocation des ressources en temps réel [60,61,101].

Le deuxième concept à considérer est le big data, entendu comme l'utilisation de big data ensembles pour analyser les modèles, les tendances et les comportements [13,15]. Les Big Data sont généralement associées, selon certaines ressources mnémotechniques, avec les 7 V, c'est-à-dire le volume (quantité de données), la vitesse (interconnexions et vitesse de création, de stockage et de traitement des données), variété (différents formats, types et sources), véracité (associée à l'incertitude des données, c'est-à-dire le degré de fiabilité), la viabilité (une utilisation efficace qui peut être donnée aux données), la visualisation (comment les données sont présentées) et la valeur (les données qui se transforment en information qui devient connaissance). Le développement du big data nécessite des solutions distribuées systèmes de stockage et de traitement, algorithmes d'analyse de données et techniques d'exploration de données, entre autres [16].

Le Big data est devenu incontournable pour développer le BIM (Building Information Model) méthodologie, car elle permet des informations en temps réel et synchronisées pour la prise de décision et la possibilité de générer des espaces d'interopérabilité entre les systèmes [55]. Coût contrôle, optimisation des ressources, projection basée sur des informations synchronisées et contrat la gestion dans les projets AEC sont également des processus qui peuvent être optimisés à l'aide du big data [75]. Une méthode d'exploration de données et de gestion des ressources en gestion de projet, basée sur de grandes données, est proposée comme stratégie pour optimiser les processus organisationnels [93].

En revanche, la notion de data science fait partie des technologies trouvées. Cette stratégie est la discipline chargée d'extraire des informations précieuses à partir de grands ensembles de données. La science des données combine les statistiques, les mathématiques, la programmation et le domaine éléments pour extraire des informations précieuses et générer des connaissances à partir des données [26]. Le processus de science des données comporte plusieurs phases, dont la collecte et le nettoyage de données, l'exploration et la visualisation de données, la modélisation et l'analyse statistique, et l'interprétation et la communication des résultats. La science des données utilise des technologies avancées

des outils et des techniques, tels que l'apprentissage automatique, l'exploration de données, la visualisation de données et l'intelligence artificielle, pour extraire des informations pertinentes à partir d'ensembles de données. Cette technologie est également largement utilisée pour la gestion de projets durables, avec un haut impact écologique et composant respectueux de l'environnement, en particulier lorsqu'il est développé en collaboration avec le Stratégie BIM [54,72,84]. Les articles incluent principalement l'utilisation de SEMMA (Sample, Explore, Modifier, modéliser et évaluer) pour faciliter la prise de décision dans les projets, l'utilisation de Blockchain pour prendre en charge l'immuabilité des données, l'intégration de la méthodologie BIM avec la ville modèles d'information pour renforcer l'intégration du projet et la mise en œuvre de l'AHP

(processus hiérarchique analytique) pour soutenir les méthodes de prise de décision.

Les objectifs de cette technologie incluent l'identification des tendances et des segmentations sur un marché, caractériser et profiler les parties prenantes et faciliter la gestion des risques, entre autres [29]. Dans les enregistrements sélectionnés pour cet examen, il existe des expériences où l'utilisation de données la science permet d'optimiser les décisions d'achat, les préférences stratégiques, la gestion des coûts et la modélisation financière [56,84]. La science des données est également considérée comme constructive analyse (optimisation) et construction durable (verte) articulée avec le BIM [54,83].

Les autres technologies qui ressortent de l'examen sont l'Internet des objets (IoT) et les réseaux de capteurs sans fil (WSN), définis comme l'interconnexion de dispositifs de surveillance, permettant la collecte et le partage des données. Cette collecte s'effectue par voie électronique des appareils dotés de capteurs dont les informations sont transmises sans fil, de manière automatisée et efficace, et sans intervention humaine directe [102-104]. Dans les domaines de l'architecture, de l'ingénierie et industrie de la construction (AEC), utilisant des capteurs pour surveiller les variables permettant l'enregistrement l'avancement des projets et le statut des travailleurs qui y travaillent est un sujet de préoccupation largement répandu intérêt [62]. Un autre sujet important est l'utilisation de capteurs sans fil pour la surveillance des émissions, de l'empreinte carbone et, en général, de l'impact environnemental que le le secteur de la construction a sur son environnement, ainsi que la détermination de stratégies de modéliser et atténuer cet impact [76,78,82].

Enfin, plusieurs articles présentent le concept de jumeau numérique. Ceci est un virtuel représentation d'un système réel. Il est créé en collectant des données de processus et permet un une réplique précise à générer pour faciliter la compréhension, l'analyse et la simulation et prise de décision concernant le système ou l'objet [11,47,64,78,80].

4.2. Question 2 — Quelles sont les voies méthodologiques les plus utilisées et avec quelle répartition ?

Dans le domaine des technologies émergentes (big data, data science et intelligence artificielle) en gestion de projets dans l'industrie de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction (AEC), le la principale voie méthodologique utilisée est quantitative (22 enregistrements). Le qualitatif et le mixte les itinéraires ont 15 enregistrements chacun, et il y a 7 enregistrements dans la méthode de revue de la littérature. Voir Tableau 4.

Plus de 80 % des publications liées à cette revue font état de la conception et de la validation de modèles spécifiques en gestion de projet, tant dans la mise en œuvre sur le terrain que dans le élaboration d'études de cas ou validation par des experts.

Tableau 4. Résumé des études par méthode utilisée.

Méthode de recherche	Nombre d'articles	Des articles
Quantitatif	22	2, 3, 4, 5, 6, 7, 13, 14, 15, 17, 18,19, 25, 26, 30, 31, 35, 37, 39, 43, 56.
Qualitatif	15	10, 11, 16, 20, 23, 33, 34, 36, 38, 42, 44, 47, 52, 54, 57
Mixte	12	8, 12, 22, 24, 27, 32, 40, 46, 48, 49, 50, 51.
Revue de littérature	8	1, 9, 21, 28, 29,41, 44, 55.

4.3. Question 3 — Quels sont les domaines spécifiques les plus utilisés de la gestion de projets de construction (des Domaines de Connaissance du PMI) ?

Selon le cadre PMI [100], les domaines de connaissances suivants sont disponibles : intégration, portée, temps, coûts, qualité, risques, acquisitions, communications, ressources humaines. ressources et parties prenantes. Pour cette question, il est essentiel de préciser que les différents

les registres ne contiennent généralement pas un seul domaine de connaissances du PMI. Ces informations sont présentées dans le tableau 5.

La gestion des coûts de projet (22 enregistrements) comporte principalement l'utilisation de technologies émergentes pour effectuer des prévisions et des projections budgétaires [77,79,85], ainsi que la détection précoce d'anomalies dans les données financières et opérationnelles [8,53,58]. La science des données est également utilisée pour simuler différents scénarios et évaluer l'impact des décisions sur le budget final du projet [64,68,74]. Générer des informations en temps réel sur la situation financière du projet est également une contribution de la science des données [55,59,84]. Cela facilite une prise de décision rapide et un ajustement des coûts si nécessaire.

À propos de l'analyse de la gestion de la qualité (19 articles) met en évidence l'utilisation du Big Data et de la science des données comme stratégie pour collecter des données liées à la qualité des projets afin d'identifier les tendances et les domaines à améliorer. Cela implique la prédiction, grâce à l'intelligence artificielle, de problèmes potentiels grâce à l'analyse de données historiques et actuelles [4,10,12,77]. Cela permet de prendre des mesures préventives pour éviter les erreurs. Ceci est également associé à la détection des anomalies en temps réel pour la génération d'alertes. Un autre aspect est que la science des données facilite la gestion et l'analyse de la qualité de l'information, garantissant qu'elle est plus précise et utile pour le projet [53,61,64,73].

Concernant la gestion du temps (17 enregistrements), les principaux aspects sont la planification automatique du calendrier à partir des données historiques de projets similaires, y compris le séquençage des activités et la durée des activités [10,60,62,64]. La prévision des écarts ou des changements peut être réalisée à l'aide du Big Data, permettant ainsi d'effectuer des ajustements en temps réel pour éviter les retards. L'intelligence artificielle permet une gestion efficace des ressources et une allocation des tâches en fonction de la disponibilité [69,82,85,86]. En outre, la possibilité de simuler différents scénarios pour évaluer l'impact sur le calendrier de différentes décisions peut être obtenue grâce à l'utilisation de technologies émergentes [58,59].

Concernant la gestion du périmètre (15 articles), l'une des principales contributions mises en évidence est l'utilisation de la science des données pour analyser les données historiques et ainsi faciliter la définition des objectifs et la planification des projets en général [9,11,57,59]. Il existe également des exemples d'utilisation de l'intelligence artificielle qui, grâce à des modèles prédictifs, permet d'anticiper les écarts dans le périmètre du projet, facilitant ainsi la prise de décision. D'autres articles citent comment l'intelligence artificielle est utilisée pour adapter les stratégies de gestion du périmètre aux besoins spécifiques de chaque projet [80,81,87,88].

En gestion des risques (13 articles), l'usage le plus courant est l'analyse prédictive basée sur de gros volumes de données, qui permet de projeter les risques potentiels. Cette stratégie est utilisée de manière récurrente pour éviter les problèmes potentiels anticipés. Une autre application présentée est l'optimisation des stratégies d'atténuation des risques basées sur les données collectées dans les projets [53,55,61]. Certains articles proposent la personnalisation des stratégies de risque, basées sur l'intelligence artificielle, afin que l'identification et la planification des risques soient basées sur le contexte, les objectifs et les contraintes de chaque projet [70,76,87].

Un domaine très important également développé dans les articles est l'intégration (coordination) des projets. L'analyse prédictive des performances réalisée en combinant l'intelligence artificielle et le big data, qui permet de prendre des mesures préventives, est mise en avant. [54,71,78] L'utilisation de ces technologies pour intégrer des données provenant de sources multiples et faciliter la gestion de projets et d'équipes est également mise en évidence. Enfin, l'utilisation de l'intelligence artificielle comme moyen de simuler et de revoir des scénarios de coordination et ainsi d'évaluer leur impact sur le projet a émergé [88,89,92,93].

Dans la gestion des achats, l'exemple le plus récurrent d'utilisation de ces technologies est l'utilisation de l'intelligence artificielle pour automatiser les processus, de la gestion des devis à la sélection des fournisseurs et aux achats. La création est également actuellement prise en charge par les technologies émergentes [8,62,74,83]. Les parties prenantes, les communications et les ressources humaines sont moins impliquées, se concentrant sur l'optimisation des processus dans ces domaines, ainsi que sur les meilleures pratiques pour présenter les résultats aux parties prenantes [9,55,92].

Tableau 5. Résumé des domaines de connaissances en gestion de projet PMI utilisés.

Connaissance en gestion de projet Zone	Nombre d'articles	Des articles
Coût	22	1, 6, 7, 10, 11, 13, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 25, 30, 31, 32, 34, 36, 39, 41, 42, 55
Qualité	19	3, 4, 5, 6, 9, 11, 16, 17, 18, 20, 22, 29, 30, 33, 34, 41, 47, 53, 54.
Temps	17	4, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 26, 27, 28, 32, 38, 39, 43, 57.
Portée	15	2, 5, 12, 14, 28, 29, 32, 35, 37, 38, 40, 43, 44, 53, 55
Risque	13	1, 2, 6, 10, 16, 20, 25, 27, 33, 37, 42, 51, 57.
L'intégration	10	8, 35, 43, 45, 46, 48, 49, 50, 52, 54.
Approvisionnement	6	7, 9, 17, 21, 31, 40.
Partie prenante	4	2, 18, 24, 55.
Communications	2	10, 24
Ressource humaine	1	1

4.4. Question 4—Quelles sont les principales recommandations concernant la mise en œuvre des Technologies dans le secteur de la construction (AEC) ?

Ces recommandations sont segmentées dans chacune des trois technologies ; cependant, il est important d'indiquer que plusieurs résultats se chevauchent et se renforcent mutuellement.

Concernant le Big Data, ils offrent des contributions importantes au secteur. Ce qui suit sont mis en évidence [62,69,76,85] :

- Collecte, traitement, stockage et analyse de grands volumes de données générés dans le l'industrie, fournissant aux chefs de projet des éléments fondamentaux pour prendre des décisions éclairées les décisions. Les enregistrements mettent en évidence l'utilisation d'enregistrements historiques, de données en temps réel, de capteurs informations et commentaires des parties prenantes.
- Une gestion améliorée des risques, basée sur un large éventail de données, permet d'identifier , de gérer et d'atténuer les risques. Cet outil permet de faciliter la prise de décision concernant les risques et la réduction de leurs impacts négatifs.
- Le Big Data vous permet de générer une analyse prédictive, une détection de modèles, une identification de tendances et une analyse de corrélation pour prédire les événements futurs et optimiser les performances.
- Promotion de la qualité et de la satisfaction client basée sur l'analyse des retours d'expérience ceux qui sont intéressés par le projet. La recherche met en avant l'analyse d'enquêtes, de contributions sur les réseaux sociaux et d'autres canaux. Cela contribue à la satisfaction du client et améliore la réputation du projet.
- Les mégadonnées fournissent des outils et des plateformes pour partager des informations, suivre les progrès et faciliter communication et collaboration entre les membres de l'équipe de projet.

Concernant la science des données, ce concept contribue clairement au big data dans les domaines suivants aspects [54,56,83,84] :

- Il facilite la prise de décision en permettant la collecte, l'analyse et la visualisation des de grandes quantités de données liées au projet.
- Optimisation de la planification et de l'allocation des ressources : grâce à l'analyse des données historiques et à l'aide d'algorithmes d'optimisation, la science des données peut aider les chefs de projet à optimiser le planification et allocation des ressources.
- Productivité et efficacité améliorées : en utilisant des techniques de science des données, les chefs de projet peuvent identifier les domaines à améliorer et à optimiser dans le flux de travail. Par analyser les données de performance, telles que la durée des tâches, l'utilisation des ressources et les goulots d'étranglement, les inefficacités peuvent être identifiées et corrigées, conduisant à une plus grande productivité et efficacité dans l'exécution du projet.
- Gestion de la portée et contrôle des modifications : la science des données peut aider à la gestion de la portée du projet et au contrôle des modifications. En analysant les données liées aux changements de périmètre, aux demandes de changements et l'impact de ces changements sur le projet, les gestionnaires peuvent évaluer les risques et avantages des changements proposés et prendre des décisions éclairées quant à leur approbation ou un rejet.

Enfin, concernant l'intelligence artificielle (la technologie la plus citée dans la revue enregistrements), les éléments suivants sont mis en évidence [10,56,63,65] :

- Optimisation de la planification et de l'ordonnancement des projets, grâce à des algorithmes d'intelligence artificielle. des rythmes provenant de différentes sources.
- Identifier les tâches les plus critiques et éventuellement allouer des ressources à l'aide d'algorithmes d'intelligence artificielle. • Détection précoce des problèmes pouvant se transformer en risques grâce à l'analyse des données et à l'intégration d'algorithmes prédictifs. • Prise de décision améliorée, permettant l'identification des modèles et des tendances du projet.
C'est un excellent support pour les chefs de projet pour sélectionner des itinéraires sur la base d'informations détaillées.
- Automatisation du développement de tâches répétitives pour améliorer l'efficacité et réduire les erreurs humaines. Ceci est associé à l'exécution d'une planification stratégique plus appropriée et permet d'économiser du temps et des efforts.
- Communication entre les membres de l'équipe, fournissant des outils et des plateformes pour partager des informations, gérer des tâches et encourager une communication efficace. Cela semble également être une tendance à développer des groupes de projet dans différents endroits.

5. Discussion et conclusions

Dans le secteur de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction (AEC), la gestion de projet présente des défis multiples et importants, tant dans les phases de conception que de construction. L'examen montre qu'au cours des dernières années, l'utilisation du big data, de la science des données et de l'intelligence artificielle a démontré sa valeur et a eu un impact significatif sur l'efficacité et l'efficacité de la gestion de projet dans ce secteur.

Les résultats contrastent avec ce qui a été montré dans les revues précédentes, telles que les références [36,37,84], montrant qu'il existe une tendance croissante de recherche sur le sujet. Cette revue fournit la classification des articles trouvés par domaines de connaissances du PMI (Project Management Institute 2017), constatant que le plus grand intérêt de la communauté académique est la gestion des coûts [53,58,64,74,79], la gestion de la qualité [12,73,77], la gestion du temps [57,60,62,82] et, enfin, la gestion de la portée [11,81,87]. Il existe un manque de connaissances dans l'utilisation des technologies émergentes (mégadonnées, science des données et intelligence artificielle) dans les domaines de la gestion des parties prenantes, des communications et des ressources humaines, du moins dans le secteur de la construction et des travaux publics.

Les mégadonnées permettent de collecter, de traiter et d'analyser les données générées dans les projets de construction, constituant ainsi une source d'informations très importante pour la prise de décision. En analysant les données structurées et non structurées, telles que les enregistrements historiques, les rapports de capteurs, les données en temps réel et les commentaires des clients, il est possible d'identifier des modèles, des tendances et des corrélations qui fournissent une compréhension complète de l'état et des performances du projet. Ces résultats sont présentés d'une manière cohérente avec ceux présentés par plusieurs auteurs, dont [89,90,93]. Un autre aspect à considérer est que le big data nécessite une grande prudence dans le traitement des informations, qui est principalement associée à la cybersécurité. Il existe des risques potentiels de perte d'informations, de vol de données sensibles ou d'éventuelles modifications inappropriées des données.

D'autre part, la science des données fournit également des stratégies d'analyse prédictive et de détection de modèles pour prédire les événements futurs du projet. Grâce à ces informations, les chefs de projet du secteur de la construction peuvent prendre de manière proactive des mesures préventives ou correctives, minimisant ainsi les impacts négatifs sur le projet. De plus, la planification et l'allocation des ressources sont optimisées en analysant les données historiques et en tenant compte de facteurs tels que les capacités des ressources, les coûts et les restrictions. Les processus d'optimisation apparaissent comme un résultat clé de la contribution de la science des données à la gestion de projets industriels AEC, conformément à [54,56,59]. Cela améliore l'efficacité opérationnelle, réduit les coûts inutiles et permet une allocation plus efficace des ressources disponibles.

De plus, l'intelligence artificielle (IA) a joué un rôle fondamental dans la gestion de projets dans le secteur de la construction. Les résultats de cette revue montrent l'utilisation fréquente de cette technologie, comme le montrent [12,53,60]. Grâce aux algorithmes d'IA, l'automatisation des tâches routinières et répétitives a été réalisée, économisant du temps et des ressources. De plus, l'IA améliore la prise de décision

en traitant de gros volumes de données et en générant des informations précieuses. L'IA a également amélioré la collaboration et la communication entre les membres de l'équipe de projet en fournissant des outils et des plateformes pour partager des informations, suivre les progrès et encourager une communication efficace, même si les membres de l'équipe se trouvent dans des emplacements géographiques différents [61,66,91].

Comme inconvénient, il est possible de souligner la complexité technique de la mise en œuvre de cette technologie, les coûts initiaux et la maintenance pour les organisations, l'intégration avec les systèmes existants dans l'organisation, la résistance organisationnelle et la dépendance excessive à l'égard de la technologie.

Enfin, dans le secteur de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction (AEC), les avantages incluent une prise de décision basée sur les données, une identification et une atténuation proactives des risques, une planification et une optimisation de l'allocation des ressources, ainsi qu'une plus grande collaboration et communication au sein de l'équipe de projet. Ces technologies ont démontré leur capacité à améliorer l'efficacité, la productivité et la qualité du secteur de la construction. L'un des défis les plus critiques est l'intégration de ces technologies dans les processus existants. La gestion appropriée de la confidentialité et de la sécurité des données ainsi que la formation des professionnels sont des domaines essentiels qui doivent être abordés pour maximiser les avantages et surmonter les limites. En conclusion, l'utilisation du big data, de la science des données et de l'intelligence artificielle transforme la manière dont les projets sont gérés dans le secteur de la construction. Ces technologies donnent aux chefs de projet une vue plus complète et plus précise des projets, améliorant ainsi la prise de décision, l'efficacité opérationnelle et la satisfaction des clients.

6. Contributions spécifiques à la littérature

Cette revue systématique de la littérature développe un sujet d'intérêt récent dans la communauté académique, soit l'utilisation des technologies émergentes (big data, data science et intelligence artificielle) dans la gestion de projets, notamment dans le secteur de la construction et des travaux publics. Bien qu'il existe des revues antérieures qui contribuent au sujet, cet article se concentre sur la détermination des principales contributions de la littérature académique à la gestion de projet à partir des différents domaines encadrés dans son cycle de vie, en prenant comme références les dix domaines du PMI et l'utilisation des outils émergents. technologies dans chacun d'eux. Cette contribution a également permis de classer les articles par type de technologie (individuelle ou combinée), ainsi que les voies de recherche les plus couramment utilisées dans les recherches publiées dans Scopus au cours des 7 dernières années.

7. Limites et orientations futures de la recherche

En termes de limites, en inspectant uniquement les articles répertoriés dans Scopus entre 2015 et 2022, il est possible que des références pertinentes sur l'utilisation des technologies émergentes en gestion de projet aient été omises. On note également comme limite de cet article qu'il est nécessaire d'approfondir des secteurs autres que la construction et les travaux publics pour obtenir une vision plus complète de l'utilisation du big data, de la science des données et de l'intelligence artificielle dans l'optimisation des projets. Ces secteurs comprennent la finance, la banque, la santé et les transports.

En ce qui concerne les lacunes dans les connaissances, il est possible de souligner les points suivants : Il existe un manque de recherche plus approfondie sur l'utilisation des technologies pour dynamiser les projets, en particulier dans le suivi et le contrôle des projets. Une autre lacune importante concerne l'analyse des risques, principalement en ce qui concerne leur identification quantitative. Les systèmes décisionnels et la méthodologie BIM ne sont pas clairement intégrés dans la littérature examinée. Il existe également peu d'études qui génèrent des modèles complets d'utilisation des technologies dans le secteur qui vont au-delà d'un test pilote ou d'une étude de cas. Il s'agit d'une excellente occasion pour le secteur de mener davantage de recherches sur l'utilisation des technologies émergentes dans la gestion des parties prenantes, les communications et les ressources humaines. Sur ce dernier point, les auteurs considèrent qu'il y a un manque de développement et que cela revêt une importance énorme.

Pour les recherches futures, il est recommandé d'examiner en profondeur les technologies émergentes (big data, science des données et intelligence artificielle) au sein du cycle de vie du projet, principalement dans les aspects qui permettent d'optimiser la gestion de projet et la prise de décision organisationnelle. Les lecteurs intéressés par le sujet sont encouragés à rechercher et à construire des modèles sur l'utilisation de ces ET dans les phases de surveillance, de contrôle et de fermeture. L'utilisation de TE pour l'historique

la gestion et la facilitation des enseignements tirés ne sont pas aussi répandues. Il est également recommandé aux personnes intéressées de ne pas limiter le champ de recherche uniquement à l'incorporation de la technologie dans les processus, mais d'examiner très attentivement les contextes de développement, les implications éthiques et sociales des nouvelles stratégies et les risques potentiels que ces technologies comportent.

8. Implications pratiques de l'examen

La présente recherche permet de constater concrètement que la mise en œuvre des technologies émergentes (big data, data science et intelligence artificielle) dans la gestion de projet se fait de plus en plus dans les domaines d'intérêt de la recherche. On peut également observer qu'il existe d'autres concepts clés associés à ce qui précède, tels que les jumeaux numériques et l'Internet des objets, qui peuvent renforcer les effets de l'optimisation des projets.

L'intégration de ces technologies ne se concentre pas sur une problématique exclusivement technologique, mais nécessite que les membres des organisations possèdent des compétences et des aptitudes plus approfondies. Comprendre les concepts de transformation numérique, d'Industrie 4.0, de processus interconnectés et de structures décentralisées, entre autres, est fondamental pour les processus constants de formation des managers et des membres des équipes de projet des organisations.

Contributions de l'auteur : Conceptualisation, SZ-V. et MJ-Q.; méthodologie, SZ-V. et MJ-Q.; logiciel, MJ-Q. et MHJ-B.; validation, SZ-V., MJ-Q. et MHJ-B.; analyse formelle, SZ-V.; enquête, SZ-V. et MJ-Q.; ressources, MHJ-B.; conservation des données, SZ-V., MJ-Q. et MHJ-B.; rédaction – préparation du projet original, SZ-V., MJ-Q. et MHJ-B.; rédaction – révision et édition, MHJ-B.; visualisation, SZ-V.; surveillance, SZ-V.; administration de projet, SZ-V. Tous les auteurs ont lu et accepté la version publiée du manuscrit.

Financement : Cette recherche n'a reçu aucun financement externe.

Déclaration de disponibilité des données : sans objet.

Conflits d'intérêts : Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts.

Les références

1. Économie d'Oxford. L'avenir de la construction ; Oxford Economics : Londres, Royaume-Uni, 2021 ; p. 62.
2. Cooke, B. ; Williams, P. Planification, programmation et contrôle de la construction ; John Wiley & Sons : Hoboken, New Jersey, États-Unis, 2013 ; ISBN1-118-65867-1.
3. Saltz, JS Le besoin de nouveaux processus, méthodologies et outils pour soutenir les équipes Big Data et améliorer l'efficacité des projets Big Data. Dans Actes de la conférence internationale IEEE 2015 sur le Big Data (Big Data), Santa Clara, Californie, États-Unis, 29 octobre-1er novembre 2015 ; pages 2066 à 2071.
4. Akbari, S. ; Khanzadi, M. ; Gholamian, MR Construire un modèle de prévision basé sur des ensembles approximatifs pour classer les constructions à grande échelle
Projets de tion basés sur l'indice de réussite durable. ECAM 2018, 25, 534-558. [\[Référence croisée\]](#)
5. Larson, E. ; Gray, C. Gestion de projet : le processus de gestion 6e ; McGraw Hill : New York, États-Unis, 2014 ; ISBN0-07-717006-7.
Lester, A. Gestion de projet, planification et contrôle : gestion de projets d'ingénierie, de construction et de fabrication conformément aux normes PMI, APM 6. et BSI ; Elsevier Science : Amsterdam, Pays-Bas, 2013 ; p. 24.
7. Netscher, P. Gestion réussie d'un projet de construction : le guide pratique ; Publications Panet : New York, NY, États-Unis, 2014 ; ISBN1-4973-4441-7.
8. Arashpour, M. ; Bai, Y. ; Aranda-mena, G. ; Bab-Hadiashar, A. ; Hosseini, R. ; Kalutara, P. Optimisation des décisions dans la fabrication avancée de produits préfabriqués : théorie des configurations de la chaîne d'approvisionnement dans la construction hors site. Automatique. Constr. 2017, 84, 146-153. [\[Référence croisée\]](#)
9. Chen, K. ; Lu, W. ; Peng, Y. ; Rowlinson, S. ; Huang, GQ Faire le lien entre le BIM et le bâtiment : d'une revue de la littérature à une approche intégrée
Cadre conceptuel. Int. J.Proj. Gérer. 2015, 33, 1405-1416. [\[Référence croisée\]](#)
10. Pospieszny, P. ; Czarnacka-Chrobot, B. ; Kobylinski, A. Une approche efficace pour l'estimation de l'effort et de la durée des projets logiciels avec des algorithmes d'apprentissage automatique. J. Syst. Logiciel. 2018, 137, 184-196. [\[Référence croisée\]](#)
11. Sacs, R. ; Brilakis, I. ; Pikas, E. ; Xie, HS; Girolami, M. Construction avec des systèmes d'information numériques jumeaux. Ingénierie centrée sur les données. 2020, 1, e14. [\[Référence croisée\]](#)
12. Zhang, J. ; El-Gohary, NM Intégrant la PNL sémantique et le raisonnement logique dans un système unifié pour la vérification de code entièrement automatisée . Automatique. Constr. 2017, 73, 45-57. [\[Référence croisée\]](#)
13. Gupta, D. ; Rani, R. Une étude de l'évolution du Big Data et des défis de la recherche. J. Inf. Sci. 2019, 45, 322-340. [\[Référence croisée\]](#)
14. Chang, W. ; Grady, N. Cadre d'interopérabilité Big Data du NIST : Volume 1, Définitions ; Institut national des normes et Technologie : Gaithersburg, MD, États-Unis, 2019.

15. Société internationale de données. Taxonomie mondiale des logiciels d'IDC ; International Data Corporation : San Mateo, Californie, États-Unis, 2020 ; pp. 1 à 95.
16. Mayer-Schönberger, V. ; Cukier, K. Big Data : une révolution qui transformera notre façon de vivre, de travailler et de penser ; Houghton Mifflin Harcourt : Boston, MA, États-Unis, 2013 ; ISBN0-544-00269-5.
17. Motoa-Grajales, C. ; Gomez-Peña, M. ; Zabala-Vargas, S. Technologies émergentes (Big-Data, Data Science et Intelligence artificielle) en gestion de projet. Un premier aperçu ; Université Francisco de Paula Santander : San Francisco, Californie, États-Unis, 2023.
18. García, S. ; Ramírez-Gallego, S. ; Luengo, J. ; Benítez, JM; Herrera, F. Prétraitement Big Data : méthodes et perspectives. Analyse de mégadonnées . 2016, 1, 9. [\[Réf. croisée\]](#)
19. Soleil, AY ; Scanlon, BR Comment le Big Data et l'apprentissage automatique peuvent-ils bénéficier à l'environnement et à la gestion de l'eau : une enquête sur les méthodes, les applications et les orientations futures. Environ. Rés. Lett. 2019, 14, 073001. [\[Réf. croisée\]](#)
20. Davila Delgado, JM ; Oyedele, L. ; Bilal, M. ; Ajayi, A. ; Akanbi, L. ; Akinade, O. Système d'analyse Big Data pour évaluer les coûts Projets de transmission. J.Constr. Ing. Gérer. 2020, 146, 05019017. [\[Réf. croisée\]](#)
21. Omran, BA; Chen, Q. Tendance sur la mise en œuvre de techniques analytiques pour le Big Data dans la recherche en construction (2000-2014). Au Congrès de recherche en construction ; ASCE : Reston, Virginie, 2016 ; pp. 990-999.
22. Wang, K. ; Guo, F. ; Zhang, C. ; Hao, J. ; Schaefer, D. Technologie numérique en architecture, ingénierie et construction (AEC) Industrie : tendances de la recherche et état pratique de la construction 4.0. Au Congrès de recherche en construction ; ASCE : Reston, Virginie, 2022 ; pp. 983-992.
23. AlChaer, E. ; Issa, C. Coûts et avantages de la mesure de l'efficacité pour l'industrie AEC. En informatique en génie civil ; ASCE : Reston, Virginie, 2021 ; pp. 851-858.
24. Hu, Z. ; Wang, F. ; Tang, Y. Optimisation de la planification de projets répétitifs orientée vers des scénarios. Calculer. -Aidé Civ. Infrastructurer. Ing. 2023, 38, 1239-1273. [\[Référence croisée\]](#)
25. Tao, S. ; Wu, C. ; Hu, S. ; Xu, F. Planification des projets de construction sous interférence de l'espace de travail. Calculer. -Aidé Civ. Infrastructurer. Ing. 2020, 35, 923-946. [\[Référence croisée\]](#)
26. Haider, M. Débuter avec la science des données : donner du sens aux données avec l'analyse ; IBM Press : New York, NY, États-Unis, 2015 ; ISBN 0-13-399123-7.
27. Hariri, RH ; Fredericks, EM; Bowers, KM Incertitude dans l'analyse du Big Data : enquête, opportunités et défis. J. Mégadonnées 2019, 6, 44. [\[Réf. croisée\]](#)
28. Mišić, VV ; Perakis, G. Analyse des données dans la gestion des opérations : une revue. Fab. Servir. Opéra. Gérer. 2020, 22, 158-169. [\[Référence croisée\]](#)
29. Kelleher, JD; Tierney, B. Science des données ; MIT Press : Cambridge, MA, États-Unis, 2018 ; ISBN0-262-34703-2.
30. Saura, JR Utilisation des sciences des données dans le marketing numérique : cadre, méthodes et mesures de performance. J.Innov. Connaître. 2021, 6, 92-102. [\[Référence croisée\]](#)
31. Sang, L. ; Miam.; Lin, H. ; Zhang, Z. ; Jin, R. Big Data, capacité technologique et qualité des projets de construction : un niveau multi-niveaux Enquête. Ing. Constr. Archit. Gérer. 2021, 28, 706-727. [\[Référence croisée\]](#)
32. Meng, Q. ; Zhang, Y. ; Li, Z. ; Shi, W. ; Wang, J. ; Soleil, Y. ; Xu, L. ; Wang, X. Un examen des applications intégrées du BIM et des applications connexes Technologies dans le cycle de vie complet du bâtiment. Ing. Constr. Archit. Gérer. 2020, 27, 1647-1677. [\[Référence croisée\]](#)
33. Soman, RK; Whyte, JK Défis de codification pour la science des données dans la construction. J.Constr. Ing. Gérer. 2020, 146, 04020072. [\[Référence croisée\]](#)
34. Maqsoom, A. ; Ali, U. ; ul Basharat, M. ; Naeem, MH; Irfan, M. Impact des critères de sélection des projets sur la performance organisationnelle : Une approche d'apprentissage automatique. Dans ASCE Inspire ; ASCE : Reston, Virginie, 2023 ; pp. 133-142.
35. Gransberg, New Jersey ; Maraqa, S. Tirer parti de la valeur de la croissance de la portée du projet grâce à la livraison par un directeur de construction à risque de Projets d'amélioration des immobilisations des universités publiques. J. Leg. Aff. Contestation. Résolu. Ing. Constr. 2022, 14, 04521042. [\[CrossRef\]](#)
36. Darko, A. ; Chan, APC; Adabre, MA; Edwards, DJ ; Hosseini, M.; Ameyaw, EE L'intelligence artificielle dans l'industrie AEC : analyse scientométrique et visualisation des activités de recherche. Automatique. Constr. 2020, 112, 103081. [\[Réf. croisée\]](#)
37. Li, CZ ; Zhao, Y. ; Xiao, B. ; Yu, B. ; Tam, VVY ; Chen, Z. ; Ya, Y. Tendance de recherche sur l'application des technologies de l'information à la gestion des déchets de construction et de démolition. J. Nettoyoy. Prod. 2020, 263, 121458. [\[Réf. croisée\]](#)
38. Angélov, PP ; Soares, EA; Jiang, R. ; Arnold, NI ; Atkinson, PM Intelligence artificielle explicable : une revue analytique. Wiley Interdiscipline. Données rév. Min. Connaître. Découverte. 2021, 11, e1424. [\[Référence croisée\]](#)
39. Boden, MA Inteligencia Artificial ; Turner : Sydney, Australie, 2017 ; ISBN84-16714-90-8.
40. Hulsén, T. Intelligence artificielle explicable (XAI) : concepts et défis dans le domaine de la santé. AI 2023, 4, 652-666. [\[Référence croisée\]](#)
41. Rouhiainen, L. Intelligence Artificielle ; Editorial Alienta : Madrid, Espagne, 2018.
42. Zhang, C. ; Lu, Y. Étude sur l'intelligence artificielle : état de l'art et perspectives d'avenir. J. Ind. Intégré. 2021, 23, 100224. [\[Référence croisée\]](#)
43. Abioye, SO; Oyedele, LO; Akanbi, L. ; Ajayi, A. ; Delgado, JMD; Bilal, M. ; Akinade, OO ; Ahmed, A. L'intelligence artificielle dans l'industrie de la construction : un examen de la situation actuelle, des opportunités et des défis futurs. J. Construire. Ing. 2021, 44, 103299. [\[Référence croisée\]](#)
44. Martínez-Rojas, M. ; Marín, N. ; Vila, MA Le rôle des technologies de l'information dans la gestion des données dans les projets de construction Gestion. J. Informatique. Civ. Ing. 2016, 30, 04015064. [\[Réf. croisée\]](#)

45. Elmousalami, HH Intelligence artificielle et modélisation paramétrique de l'estimation des coûts de construction : examen de l'état de l'art. J.Constr. Ing. Gérer. 2020, 146, 03119008. [\[Réf. croisée\]](#)
46. Wu, C. ; Li, X. ; Jiang, R. ; Guo, Y. ; Wang, J. ; Yang, Z. Modèle d'apprentissage profond basé sur des graphiques pour l'achèvement de la base de connaissances dans la gestion des contraintes des projets de construction. Calculer. -Aidé Civ. Infrastructurer. Ing. 2023, 38, 702-719. [\[Référence croisée\]](#)
47. Huang, Y. ; Shi, Q. ; Zuo, J. ; Pena-Mora, F. ; Chen, J. État de la recherche et défis du projet de construction basé sur les données Gestion dans le contexte du Big Data. Av. Civ. Ing. 2021, 2021, 6674980. [\[CrossRef\]](#)
48. Petticrew, M. ; Roberts, H. Revues systématiques en sciences sociales : un guide pratique ; Wiley-Blackwell : Oxford, Royaume-Uni, 2006 ; p. 352. ISBN978-1-4051-2110-1.
49. Zabala-Vargas, SA; Ardila-Ségovie, DA ; García-Mora, LH ; Benito-Crosetti, BL de Game-Based Learning (GBL) appliqué à l'enseignement des mathématiques dans l'enseignement supérieur. Une revue systématique de la littérature. Formulaire. Univ. 2020, 13, 13-26. [\[Référence croisée\]](#)
50. Gast, moi; Schildkamp, K. ; Veen, JT van der Interventions de développement professionnel en équipe dans l'enseignement supérieur : une approche systématique Revoir. Révérend Educ. Rés. 2017, 87, 736-767. [\[Référence croisée\]](#) [\[Pub Med\]](#)
51. Andronie, M. ; Lazaroiu, G. ; S, tefănescu, R. ; Ionescu, L. ; Cocos, atu, M. Prise de décision en neurogestion et processus algorithmiques cognitifs dans l'adoption technologique des applications de commerce mobile. Œconomie Copernic. 2021, 12, 1033-1062. [\[Référence croisée\]](#)
52. Balcerzak, AP; Nika, E. ; Rogalska, E. ; Poliak, M. ; Klieštík, T. ; Sabie, O.-M. Technologie Blockchain et contrats intelligents Systèmes de gouvernance décentralisés. Adm. Sci. 2022, 12, 96. [\[Réf. croisée\]](#)
53. Akinosho, TD; Oyedele, LO; Bilal, M. ; Ajayi, AO; Delgado, MD; Akinade, OO ; Ahmed, AA Deep Learning dans le Industrie de la construction : un examen de la situation actuelle et des innovations futures. J. Construire. Ing. 2020, 32, 101827. [\[Réf. croisée\]](#)
54. Arroyo, P. ; Tommelein, pièce d'identité ; Ballard, G. Comparaison de l'AHP et de l'ACB comme méthodes de décision pour résoudre le problème de choix dans Conception détaillée. J.Constr. Ing. Gérer. 2015, 141, 04014063. [\[Réf. croisée\]](#)
55. Toi, Z. ; Wu, C. Un cadre pour l'informatisation basée sur les données de l'entreprise de construction. Av. Ing. Informer. 2019, 39, 269-277. [\[Référence croisée\]](#)
56. Arashpour, M. ; Heidarpour, A. ; Akbar Nezhad, A. ; Hosseinifard, Z. ; Chilish, N. ; Hosseini, R. Contrôle basé sur les performances de la variabilité et de la tolérance dans la fabrication et l'assemblage hors site : optimisation des pénalités en cas de mauvaise qualité de production. Constr. Gérer. Écon. 2020, 38, 502-514. [\[Référence croisée\]](#)
57. Xue, F. ; Wu, L. ; Lu, W. Enrichissement sémantique des modèles d'information sur les bâtiments et les villes : une revue décennale. Av. Ing. Informer. 2021, 47, 101245. [\[Réf. croisée\]](#)
58. Bilal, M. ; Oyedele, LO; Kusimo, HO ; Owolabi, HA; Akanbi, LA; Ajayi, AO; Akinade, OO ; Davila Delgado, JM Enquête sur la rentabilité des projets de construction à l'aide du Big Data : une approche d'analyse de projet. J. Construire. Ing. 2019, 26, 100850. [\[Réf. croisée\]](#)
59. Nekouvaht Tak, A. ; Taghaddos, H. ; Mousaei, A. ; Hermann, U. (Rick) Évaluation des stratégies de modularisation industrielle : locale ou locale Fabrication à l'étranger. Automatique. Constr. 2020, 114, 103175. [\[Réf. croisée\]](#)
60. Cao, Y. ; Ashuri, B. Prédire la volatilité de l'indice des coûts de construction d'autoroutes à l'aide de la mémoire à long terme. J. Manag. Ing. 2020, 36, 04020020. [\[Réf. croisée\]](#)
61. Hsu, H.-C. ; Chang, S. ; Chen, CC-C. ; Wu, I.-C. Système basé sur la connaissance pour résoudre les conflits de conception dans les modèles d'informations du bâtiment. Automatique. Constr. 2020, 110, 103001. [\[Réf. croisée\]](#)
62. Jiang, Y. ; He, X. Aperçu des applications des technologies de capteurs pour les machines de construction. Accès IEEE 2020, 8, 110324–110335. [\[Référence croisée\]](#)
63. Cheng, M.-Y. ; Hoang, N.-D. Estimation de la durée de construction d'une paroi moulée à l'aide du support des moindres carrés optimisé par Firefly Machine vectorielle. Calcul neuronal. Application 2018, 30, 2489-2497. [\[Référence croisée\]](#)
64. Salem, T. ; Dragomir, M. Options et défis liés à l'emploi de jumeaux numériques dans la gestion de la construction. Appl. Sci. 2022, 12, 2928. [\[Référence croisée\]](#)
65. Oliveira, BAS; Neto, APDF; Fernandino, RMA ; Carvalho, RF; Fernandes, AL; Guimaraes, FG Guimarães Surveillance automatisée des chantiers de construction de sous-stations électriques grâce au Deep Learning. Accès IEEE 2021, 9, 19195-19207. [\[Référence croisée\]](#)
66. Amer, F. ; Jung, Y. ; Golparvar-Fard, M. Modèle de langage d'apprentissage automatique Transformer pour l'alignement automatique des données à long terme et Plans à court terme dans la construction. Automatique. Constr. 2021, 132, 103929. [\[Réf. croisée\]](#)
67. Li, W. ; Duan, P. ; Su, J. L'efficacité de la construction de la gestion de projet avec l'exploration de données et le consensus Blockchain. J. Ambiante. Intell. Humaniser. Calculer. 2021, 1, 1–10. [\[Référence croisée\]](#)
68. Cheng, M.-Y. ; Cao, M.-T. ; Herianto, JG Technique d'apprentissage en profondeur optimisée pour la recherche d'organismes symbiotiques pour cartographier les flux de trésorerie de la construction en tenant compte de la complexité du projet. Fractales des solitons du chaos 2020, 138, 109869. [\[CrossRef\]](#)
69. Xu, J. ; Lu, W. ; Oui, M. ; Webster, C. ; Xue, F. Une anatomie des flux de production de déchets dans les projets de construction utilisant des données passives plus volumineuses. Gestion des déchets. 2020, 106, 162-172. [\[Référence croisée\]](#) [\[Pub Med\]](#)
70. Zhou, Y. ; Hu, Z.-Z. ; Zhang, W.-Z. Développement et application d'une protection métropolitaine basée sur les classes de base de l'industrie Modèle d'information. Mathématiques. Problème. Ing. 2018, 2018, 1820631. [\[Réf. croisée\]](#)
71. Poêle, M. ; Yang, Y. ; Zheng, Z. ; Pan, W. Intelligence artificielle et robotique pour la construction préfabriquée et modulaire : une approche systématique Revue de littérature. J.Constr. Ing. Gérer. 2022, 148, 03122004. [\[CrossRef\]](#)
72. Zhang, S. ; Faux, SM ; Lippitt, CD; Kamat, V. ; Lee, S. Mise en œuvre de méthodologies de télédétection pour la recherche en construction : Une perspective de système aéroporté inoccupé. J.Constr. Ing. Gérer. 2022, 148, 03122005. [\[CrossRef\]](#)

73. Ronghui, S. ; Liangrong, N. Un algorithme métaheuristique hybride intelligent basé sur le flou pour l'analyse de la résistance, de l'énergie et de l'optimisation des coûts des matériaux de construction dans la gestion de la construction. Ing. Calculer. 2022, 38, 2663-2680. [\[Référence croisée\]](#)
74. Kanyilmaz, A. ; Tichell, PRN; Loiacono, D. Un outil d'algorithme génétique pour la conception structurelle conceptuelle avec coût et incorporation Optimisation du carbone. Ing. Appl. Artif. Intell. 2022, 112, 104711. [\[Réf. croisée\]](#)
75. Chen, S. Système de gestion et de contrôle des coûts des projets de construction basé sur le Big Data. Foule. Inf. Système. 2022, 2022, 7908649. [\[Référence croisée\]](#)
76. Croc, L. ; Mei, B. ; Jiang, L. ; Sun, J. Enquête sur le système intelligent d'information sur la gestion de la sécurité pour les projets de construction d'énergie nucléaire. Dans Actes de la 3e Conférence internationale sur les technologies de l'information et le génie électrique, Hunan, Chine, 3-5 décembre 2020 ; pp. 607-611.
77. Jianfeng, Z. ; Yechao, J. ; Fang, L. Construction d'un système de conception de bâtiments intelligents basé sur le BIM et l'IA. Dans Actes de la 5e Conférence internationale 2020 sur les réseaux intelligents et l'automatisation électrique (ICSGEA), Zhangjiajie, Chine, 13-14 juin 2020 ; pp. 277-280.
78. Rampini, L. ; Re Cecconi, F. Intelligence artificielle dans la gestion des actifs de construction : examen de l'état actuel, des défis et Opportunités futures. J. Inf. Technologie. Constr. 2022, 27, 884-913. [\[Référence croisée\]](#)
79. Ali, Z. ; Burhan, A. ; Kassim, M. ; Al-Khafaji, Z. Développement d'un modèle intégratif d'intelligence des données pour l'estimation des coûts de construction. Complexité 2022, 2022, 4285328. [\[CrossRef\]](#)
80. Chenya, L. ; Aminudine, E. ; Mohd, S. ; Yap, LS Gestion intelligente des risques dans les projets de construction : revue systématique de la littérature. Accès IEEE 2022, 10, 72936-72954. [\[Référence croisée\]](#)
81. Edayadiyil, JB ; Greeshma, AS Surveillance automatisée de l'avancement des projets de construction à l'aide de l'apprentissage automatique et de l'image Approche de traitement. Maître. Aujourd'hui : Proc. 2022, 65, 554-563. [\[Référence croisée\]](#)
82. Igwe, États-Unis ; Mohamed, SF ; Dzahir Azwarie, MBM ; Ougulu, RA ; Ajayi, O. Acceptation des technologies contemporaines en termes de coût Gestion de projets de construction. J. Inf. Technologie. Constr. 2022, 27, 864-883. [\[Référence croisée\]](#)
83. Feng, N. Le mécanisme d'influence du BIM sur la gestion de projets d'ingénierie de bâtiments écologiques dans le contexte de grandes Données. Appl. Biomécanique bionique. 2022, 2022, 8227930. [\[CrossRef\]](#)
84. Tang, D. ; Liu, K. Explorer l'application de la technologie BIM dans l'ensemble du processus de gestion des coûts de construction avec Intelligence informatique. Calculer. Intell. Neurosci. 2022, 2022, 4080879. [\[CrossRef\]](#)
85. Chen, S. ; Cui, Y. ; Zhu, Y. ; Chanson, G. ; Shi, Y. Développement d'un système d'évaluation économique pour les projets de construction basé sur la technologie informatique. Foule. Inf. Système. 2022, 2022, 2363669. [\[CrossRef\]](#)
86. Wang, H. ; Hu, Y. Technologie d'intelligence artificielle basée sur l'apprentissage profond dans la modélisation du système de gestion de la construction de bâtiments. Av. Multimed. 2022, 2022, 5602842. [\[CrossRef\]](#)
87. Ruperto, F. ; Strappini, S. Gestion de projets de travaux complexes améliorée par les technologies numériques. Construire. Inf. Modèle. (BIM) Des. Constr. Opéra. IV 2021, 205, 235.
88. Wang, T. Recherche sur la conception détaillée de bâtiments préfabriqués basée sur le BIM et le Big Data ; Éditions IOP : Bristol, Royaume-Uni, 2021 ; Volume 2037, p. 012133.
89. Qian, Z. ; Yang, X. ; Xu, Z. ; Cai, W. Recherche sur les technologies de construction clés de l'ingénierie du bâtiment dans le contexte du Big Data ; Éditions IOP : Bristol, Royaume-Uni, 2021 ; Tome 1802, p. 032003.
90. Wang, N. ; Issa, R. ; Anumba, C. Système de réponse aux requêtes pour la modélisation des informations du bâtiment à l'aide de l'algorithme BERT NN et GNL. En informatique en génie civil ; ACSE : Reston, VA, États-Unis, 2022 ; p. 432.
91. Pan, J. ; Rao, Y. Recherche sur le modèle de gestion collaborative numérique des projets d'ingénierie basé sur le BIM et l'IPD. Dans Actes de la 2e Conférence internationale 2021 sur l'économie du Big Data et la gestion de l'information (BDEIM), Sanya, Chine, 3-5 décembre 2021 ; pp. 52-58.
92. Li, C. ; Chen, L. ; Wang, J. ; Xia, T. Une méthode d'utilisation du Big Data d'images : surveillance automatisée des progrès basée sur les données d'image pour les grands chantiers de construction. Dans Actes du Big Data et de la sécurité ; Tian, Y., Ma, T., Khan, MK, éd. ; Springer : Singapour, 2021 ; pp. 299-313.
93. Pfahlsberger, L. ; Mendling, J. Conception d'une méthode d'alignement d'exploration de processus pour créer des capacités d'analyse de Big Data. Dans Actes de la 54e Conférence internationale annuelle d'Hawaï sur les sciences des systèmes, HICSS, Kauai Island, HI, États-Unis, 5-8 janvier 2021.
94. Górecki, J. Big Data comme outil de gestion des risques de projet. Dans Traité de gestion des risques pour les ingénieurs praticiens ; IntechOpen : Rijeka, Croatie, 2018 ; ISBN978-1-78984-600-3.
95. Llave, MR Data Lakes in Business Intelligence : Reporting depuis les tranchées. Procedia Comput. Sci. 2018, 138, 516-524. [\[Référence croisée\]](#)
96. Han, Z. ; Wang, Y. L'exploration appliquée de la technologie Big Data dans la gestion de projets de construction préfabriquée. Dans l'ICCREM ; Société américaine des ingénieurs civils : Guangzhou, Chine, 2017 ; pp. 71-78.
97. Honcharenko, T. ; Kievskia, K. ; Serpinska, O. ; Savenko, V. ; Kysliuk, D. ; Orlyk, Y. Transformation numérique de la conception de la construction basée sur la modélisation des informations du bâtiment et l'Internet des objets. Dans Actes de l'ITTAP, Ternopil, Ukraine, 16-18 novembre 2021 ; pp. 267-279.
98. Botton, C. ; Halin, G. ; Kubicki, S. ; Forgues, D. Les défis du Big Data à l'ère de la modélisation des informations du bâtiment : un pipeline conceptuel de haut niveau. Dans Actes de la conception coopérative, de la visualisation et de l'ingénierie : 12e conférence internationale, CDVE 2015, Majorque, Espagne, 20-23 septembre 2015 ; p. 48-56.

99. Yuan, X. ; Chen, Y.-W.; Fan, H. ; Lui, W.-H. ; Ming, XG Cadre de système de service de gestion intégré pour l'industrie de la construction collaborative basé sur le Big Data. Dans Actes de la Conférence internationale de l'IEEE 2019 sur l'ingénierie industrielle et la gestion de l'ingénierie (IEEM), Macao, Chine, 15-18 décembre 2019 ; pages 1521 à 1525.
100. Institut de gestion de projet. Guía de Los Fundamentos Para La Dirección de Proyectos (Guía Del Pmbok), 6e éd.; Gestion de projet Institut : Newtown Square, PA, États-Unis, 2017 ; p. 589.
101. Zandi, Y. ; Issakhov, A. ; Roco Videla, Á.; Wakil, K. ; Wang, Q. ; Cao, Y. ; Selmi, A. ; Agdas, AS ; Fu, L. ; Qian, X. Une étude de synthèse sur l' application de l'intelligence artificielle dans la gestion de la construction et les poutres composites ; Université de Californie à Santa Cruz : Santa Cruz, Californie, États-Unis, 2021.
102. Fletcher, D. Internet des objets. Dans L'Internet des objets (IoT) – Guide essentiel pour les entreprises IoT ; Springer : Berlin/Heidelberg, Allemagne, 2015 ; p. 19-32. [\[Référence croisée\]](#)
103. Shen, X. ; Lin, X. ; Zhang, K. (Eds.) Réseau de capteurs sans fil. Dans Encyclopédie des réseaux sans fil ; Springer International Publishing : Cham, Suisse, 2020 ; p. 1496 ; ISBN978-3-319-78262-1.
104. Yao, H. ; Guizani, M. Architecture de réseau intelligente de l'Internet des objets. Dans les réseaux Internet intelligents des objets ; Springer : Berlin/Heidelberg, Allemagne, 2023 ; p. 23-35.

Avis de non-responsabilité/Note de l'éditeur : Les déclarations, opinions et données contenues dans toutes les publications sont uniquement celles du ou des auteurs et contributeurs individuels et non de MDPI et/ou du ou des éditeurs. MDPI et/ou le(s) éditeur(s) déclinent toute responsabilité pour tout préjudice corporel ou matériel résultant des idées, méthodes, instructions ou produits mentionnés dans le contenu.