

Capacité prédictive des technologies émergentes pour le contrôle de gestion de la construction : Une analyse bibliométrique

Predictive capability of emerging technologies for construction management control: A bibliometric analysis

Anas JABOURI, (Doctorant)

Equipe Indépendante : Innovation, Gouvernance, et Performance des Organisations (IGPO)
Faculté Polydisciplinaire Sidi Bennour
Université Chouaib Doukkali d'El Jadida

Abdelali EZZIADI, (Maître de Conférences Habilité)

Equipe Indépendante : Innovation, Gouvernance, et Performance des Organisations (IGPO)
Faculté Polydisciplinaire Sidi Bennour
Université Chouaib Doukkali d'El Jadida

Adresse de correspondance :	Faculté Polydisciplinaire Sidi Bennour, Avenue Jabrane Khalil Jabrane, 2400, EL Jadida
Déclaration de divulgation :	Les auteurs n'ont pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude. Ils assument l'entière responsabilité de tout éventuel plagiat, de l'usage de l'intelligence artificielle dans la rédaction, ainsi que des résultats présentés dans cet article.
Conflit d'intérêts :	Les auteurs ne signalent aucun conflit d'intérêts.
Citer cet article	JABOURI, A., & EZZIADI, A. (2025). Capacité prédictive des technologies émergentes pour le contrôle de gestion de la construction : Une analyse bibliométrique. <i>International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics</i> , 6(12), 53–74. https://doi.org/10.5281/zenodo.17473587
Licence	Cet article est publié en open Access sous licence CC BY-NC-ND

Received: 05/10/2025

Accepted: 08/11/2025

Capacité prédictive des technologies émergentes dans le contrôle de gestion de la construction : Une Analyse Bibliométrique

Résumé :

Cette recherche présente une étude thématique approfondie portant sur l'influence des technologies émergentes sur le contrôle de gestion à travers la capacité prédictive déployée dans le cadre des coûts et des délais de construction. À l'aide d'une approche bibliométrique rigoureuse mise en œuvre sur un ensemble de 91 articles scientifiques répertoriés dans Scopus couvrant une période de 2016-2025, elle propose un bilan cartographique de l'évolution de ce champ d'études et de ses thèmes dominants. Les résultats montrent une domination écrasante (25,5% des thèmes) des techniques d'intelligence artificielle et d'apprentissage machine centrée sur la prévision des dépassements de coûts et des risques d'atteinte des délais, alors que les modèles avancés de méta-ensembles, de réseaux neuronaux profonds (LSTM) et de neuro-fuzzy systems (ANFIS) surpassent 85% de performance dans la prévision d'atteinte des objectifs budgétaires, révolutionnant ainsi les pratiques budgétaires traditionnelles. Néanmoins, nous observons une crise existentielle : trop d'unité sur l'existant économique et aucune recherche sur des technologies prometteuses comme l'IoT avancé, les jumeaux numériques ou la blockchain, alors que l'IA/ML (31.9%) se mobilise à raison de 25,5% des projets d'études/évaluations, contre 17% pour la gestion de programmes de construction, 10,6% pour la gestion des risques et 10,6% pour la gestion de la valeur ou feature modeling, un régrave déséquilibre que cette étude vérifie à l'aune de la recherche en gestion de projets, soumise à l'épreuve du terrain, même si la recherche est interdisciplinaire et, avant tout, adaptée aux spécificités de la gestion des projets de construction. L'étude conclut sur la nécessité d'élargir le champ des recherches technologiques futures pour, à qualité équivalente, rééquilibrer les coûts et les délais dans le développement d'approches forcément intégrées en gestion de projet de construction.

Mots-clés : Technologies émergentes, capacité prédictive, Contrôle de gestion, Projets de construction.

JEL Classification : M41, M15, L74, O32, C45, C53

Type de papier : Recherche Théorique

Abstract :

This research presents an in-depth thematic study on the influence of emerging technologies on management control through the predictive capacity deployed in the context of construction costs and deadlines. Using a rigorous bibliometric approach implemented on a set of 91 scientific articles listed in Scopus covering a period of 2016-2025, it offers a cartographic assessment of the evolution of this field of study and its dominant themes. The results show an overwhelming dominance (25.5% of the themes) of artificial intelligence and machine learning techniques focused on the prediction of cost overruns and deadline risks, while advanced meta-ensemble models, deep neural networks (LSTM) and neuro-fuzzy systems (ANFIS) outperform 85% in predicting the achievement of budgetary objectives, thus revolutionizing traditional budgetary practices. However, we observe an existential crisis: too much unity on the existing economic situation and no research on promising technologies such as advanced IoT, digital twins or blockchain, while AI/ML (31.9%) is mobilized at a rate of 25.5% of study/evaluation projects, compared to 17% for construction program management, 10.6% for risk management and 10.6% for value management or feature modeling, a serious imbalance that this study verifies in the light of research in project management, subject to field testing, even if the research is interdisciplinary and, above all, adapted to the specificities of construction project management. The study concludes on the need to broaden the scope of future technological research to, at equivalent quality, rebalance costs and deadlines in the development of necessarily integrated approaches in construction project management

Keywords : Emerging technologies, predictive capacity, Management control, Construction projects.

Classification JEL : M41, M15, L74, O32, C45, C53

Paper type : Theoretical Research

1. Introduction :

Le Secteur de la construction est l'un des plus cruciaux pour l'économie mondiale (il représente environ 13 % du PIB mondial d'après McKinsey Global Institute, 2017). Les chantiers de construction sont par définition complexes, coûteux et sous-jacents à des risques considérables (dépassements budgétaires, retard, conflits entre parties prenantes). Pour se libérer de ceux-ci, les sociétés du métier mettent en place des pratiques de contrôle de gestion (budgets, tableaux de bord, indicateurs de performance, etc.). Ces derniers ont pour finalité d'abord saisissez fortement la maîtrise des coûts, la couverture des délais et la qualité des produits livrés. La gestion des projets de construction est un domaine complexe, marqué par des enjeux financiers, logistiques et organisationnels majeurs. Dans ce contexte, le contrôle de gestion joue un rôle crucial en permettant une supervision efficace des coûts, des délais et de la qualité des projets. Il est mentionné que 50 à 60 % des coûts totaux des projets proviennent des matériaux (Al-Hussein Mohammed Hassan AL-AIDROUSI et al. 2022). Tandis que les retards et les dépassements de coûts sont fréquents en raison d'une planification et d'un suivi insuffisants. Selon (Zabala Vargas et al. ,2023) Parmi les problèmes internationaux les plus importants dans La gestion des projets de construction figure les suivants :

Problèmes de planification : Le projet de construction est une opération dont on connaît l'extrême complexité en raison de la multiplicité des tâches, de la superposition des activités et surtout de l'imprécision, souvent maladroite, des ressources et des durées. Une étude rappelle que « l'organisation et la planification des travaux de construction sont des sujets d'actualité compliqués, tant en termes de complexité, qu'en termes d'incertitudes, et ce pour de nombreuses limitations, sans oublier en sus le risque que représente une mauvaise planification ». Zhao, H. et al. (2024). De plus, Abdullahi & Tembo (2023) travaillent sur l'usage du « lean » dans la planification et l'ordonnancement ce qui permet d'être plus efficace et d'amoindrir les retards liés à une planification insuffisante. Pour toutes ces raisons, il apparaît que le planning est insuffisamment développé ou détaillé (ressources, ordonnancement, contraintes, ...) est générateur de délais supplémentaires, de coûts additionnels et donc ne semble pas pouvoir être maîtrisé avec efficacité.

Défaillances de communication : La communication entre parties prenantes (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entrepreneurs, ou fournisseurs) est souvent jugée problématique dans les projets de construction. Comme l'indique une étude réalisée en Jordanie, « la mauvaise communication a un impact négatif sur la performance des projets, elle est susceptible de mener à des échecs » Al-Momani et al. (2023) Une revue systématique (2022) apparie plusieurs thèmes associés à la communication : exactitude, temporalité, distorsion, barrières, surcharge, etc. : « accuracies, timeliness, distortions, barriers, under-loading, over-loading, misunderstanding, gatekeeping, procedures, financial ». Arain, F. et al. (2022) Les protocoles de communication peu clairs, les canaux non formalisés, les outils inadaptés, etc. se traduisent par des risques accrus de malentendus, de retards dans l'information, de décisions inappropriées

Gestion inexacte de la portée : La définition de la portée du projet est un enjeu fondamental pour garantir le respect des budgets et des délais, mais qui, fréquemment est mal maîtrisée. Selon HashMicro (2023), dans les projets où la récolte des exigences s'élargit sans ajustement des coûts ni des délais, le dépassement budgétaire est rapidement observé. De même, dans un article publié dans la revue Nawaz, A. et al. (2023), on observe que si la clarté de la définition du périmètre est absente, le manque de communication permet d'accéder aux modifications non autorisées ou aux retards importants. La question de la gestion de la portée constitue ainsi un facteur de risque majeur en matière de fragilité des projets de construction.

Problèmes de contrôle des coûts : Le contrôle des coûts s'avère être un enjeu récurrent dans le secteur de la construction puisque souvent le budget est dépassé en raison d'une estimation

initiale des dépenses qui s'est révélée erronée, d'une planification qui reste incomplète ou de l'inflation imprévue du prix des matériaux. Une étude approfondie des éléments constitutifs du coût et de leurs relations a récemment montré que parmi les causes d'augmentation du coût, figurent « une estimation de coût insuffisante et des erreurs de conception » Yildizel, S. A., & Arslan, G. (2024). Par ailleurs, le défaut de suivi budgétaire en temps réel empêche d'anticiper une dérive budgétaire. Ainsi sans un contrôle de gestion rigoureux sur le budget prévisionnel, nous risquons de perdre toute maîtrise économique des projets.

Difficultés de gestion des risques : Les projets de construction s'exposent à une grande diversité de risques : retards, accident, fluctuation des prix, non-conformité ou litige contractuel. D'après une étude réalisée par Periodicos Silva, L. F., & de Souza, R. A. (2023), la plupart des acteurs du secteur reconnaissent l'importance de la gestion des risques ; néanmoins, les outils sont souvent insuffisants. Une revue de la littérature récente met également en lumière l'augmentation des complexités dans la gestion de projet qui nécessite des approches intégrées mettant en synergie prédictif et numérique Patil, R., & Singh, V. (2024). En outre, la sous-estimation et la tardiveté dans la gestion des risques pourraient rapidement affecter la performance globale du projet.

Problèmes de qualité : Enfin, la qualité constitue un enjeu fondamental pour le bonheur du client ainsi que la pérennité des ouvrages. Mais elle est trop souvent compromise par l'absence de normes bien définies ou pas suffisamment suivies. Une étude récente indique bien que « la mise en œuvre du coût de la qualité (COQ) dans le bâtiment est délicate à mettre en œuvre en raison d'un manque de systèmes de mesure complets » Ali, H., Khan, R., & Ahmad, S. (2023). Ce manque de suivi entraîne défauts, réclamations et insatisfaction des parties prenantes. La mise en place d'indicateurs de qualité clairement définis et intégrés au contrôle de gestion est donc indispensable. Wang, J., & Luo, X. (2024).

Nombre de ces défis en gestion de projet, notamment lorsqu'un volume important de données est utilisé, ont été relevés ces dernières années grâce à de nouveaux modèles, concepts et technologies. Pour plusieurs auteurs, on peut commencer à tirer profit de nouvelles technologies comme l'intelligence artificielle, Machine Learning, Digital Twins, et l'IoT pour gérer les projets de construction.

Cette recherche se fonde, d'un point de vue théorique, sur un cadre conceptuel qui articule plusieurs dimensions, dont le contrôle de gestion, comme fondement de la supervision des projets, la gestion des risques et des incertitudes pour un traitement proactif et la modélisation prédictive par le biais de l'intelligence artificielle pour transformer les données en anticipations actionnables. Ces fondements se déclinent encore sous la théorie de l'information, laquelle garantit la fiabilité des prévisions, d'une part, et dans la théorie de l'intégration technologique selon laquelle la synergie des technologies émergentes vante une meilleure valeur ajoutée à la gestion de projets intégrés, d'autre part.

Les projets de construction sont très sensibles aux dépassements de coûts en raison de la difficulté à prévoir l'évolution des prix des matériaux, de la main-d'œuvre et des équipements dans une économie de marché. Cette incertitude rend cruciale la création de modèles de prédiction précis. De ce fait on peut poser la question suivante : Pourquoi les technologies émergentes dans le contrôle de gestion de la construction restent-elles dominées par l'intelligence artificielle, au détriment d'autres technologies prometteuses comme l'IoT ou les jumeaux numériques, et comment ce déséquilibre affecte-t-il la capacité prédictive des projets ? Pour répondre à cette grande question. Une Analyse bibliométrique des articles sera réalisée : Cette étape consiste à réaliser une analyse à l'aide d'indicateurs spécifiques afin de déterminer les tendances liées au domaine de connaissances et son évolution. Après purification des doublons, l'outil d'analyse de données Scopus permet d'obtenir : (1) une analyse du nombre de publications par an, (2) une analyse par type de publication, (3) une analyse des principaux

scénarios (revues) où se trouvent les publications, et (4) une analyse des publications par pays. Une analyse par type de publication. (Zabala Vargas et al. ,2023).

2. Revue conceptuelle

2.1. L'Intelligence Artificielle : Définition et Applications dans la Construction

Le premier aspect à considérer dans cet article est l'intelligence artificielle qui est une conception humaine, mise en œuvre par des ordinateurs, qui imite la cognition humaine (pensée, apprentissage, raisonnement) afin d'automatiser des tâches intelligentes, dont le Machine Learning est une sous-catégorie appliquée importante. (Phong Thanh Nguyen, 2021)

Parmi les technologies d'intelligence artificielle les plus utilisées, on retrouvera : l'apprentissage profond, la Support Vector Machine (SVM), l'algorithme des K plus proches voisins, la forêt aléatoire, l'arbre de décision, et le classificateur bayésien naïf. Il faut toutefois rajouter les algorithmes génétiques, les réseaux de neurones, la logique floue, l'apprentissage automatique, et la vision par ordinateur qui trouvent également des applications d'intelligence artificielle, et se sont révélées largement utilisées dans le secteur de la construction. (Zabala Vargas et al. ,2023).

Les avancées de l'Intelligence Artificielle (notamment par l'intermédiaire de l'apprentissage automatique) permettent d'améliorer significativement les prévisions des coûts dans la gestion de projet de construction, en utilisant des données macroéconomiques, associées à des algorithmes supervisés tel le KNN, et permettant un contrôle de gestion plus proactif et plus rigoureux. (Phong Thanh Nguyen, 2021)

2.2. Le Digital Twin : Concept et Fonctionnement

Une autre technologie importante pour cette revue est le Digital Twin. Un Digital Twin est une réplique numérique de n'importe quel objet, système ou processus physique. Il s'agit d'un modèle numérique dynamique qui reflète en temps réel le comportement, l'état et les propriétés de son bien physique équivalent. Cette technologie repose sur trois éléments clés. L'objet physique qui est l'entité réelle, le modèle virtuel qui le définit comme la représentation numérique de l'objet physique, et la connexion ou le Link qui permet l'échange des données entre le physique et le virtuel en temps réel. Donc le Digital Twin permet de simuler, analyser, surveiller et optimiser la performance d'un objet ou d'un processus pendant tout son cycle de vie. (Hosamo, Nielsen, Alnmr, Svennevig and Svidt., 2022).

Le Digital Twin est un modèle numérique et dynamique qui représente l'état d'un objet réel et son jumeau physique. Une représentation en temps réel d'une construction entièrement ou partiellement construite, reflétant son état et ses caractéristiques. Il est créé par l'échange de données et la conservation des données historiques. (Tahmasebinia, F. et Al, 2023).

Le Digital Twin contribue de manière importante de faciliter le contrôle de gestion dans le bâtiment parce qu'il permet de (1) réaliser une maintenance prédictive qui fait diminuer les coûts imprévus, (2) bénéficier d'une vision en temps réel de l'avancement pour mieux maîtriser les délais, (3) simuler les scénarios pour optimiser les ressources et les calendriers. C'est ainsi un outil stratégique pour prévoir, planifier et même contrôler coûts et délais, même si le déploiement d'un Digital Twin requiert un investissement initial et une expertise spécifique.

2.3. Apports du IoT au Contrôle de Gestion

Parmi les technologies aussi il y a l'IoT ou internet des objets, qui est la cartographie numérique du monde physique qui permet la collecte, la surveillance et la visualisation de données en temps réel dans le monde numérique. Autrement dit, elle représente une technologie de

connectivité et de capteur qui rend l'objet intelligent (ex : bâtiment...) en offrant des données en temps réel pour une meilleure gestion. (Xiang Liu. Et Al, 2025).

L'internet des objets (IoT) est l'un des paradigmes technologiques à la croissance la plus rapide utilisée dans tous les secteurs. Plus précisément, c'est un environnement où la qualité de service est un élément crucial et critique surtout de points de vue des producteurs et consommateurs de données. Le rôle de l'IoT est de générer une quantité massive de données provenant des capteurs et dispositifs edge comme (mobile, caméra,) qui doivent être traitées pour optimiser les ressources qui nécessitent des techniques avancées comme le Machine Learning. (Ravi C Bhaddurgatte, et Al, 2019).

3. Méthodologie de recherche

Cet article se veut une contribution à la littérature académique, en identifiant à travers une analyse bibliométrique. L'analyse bibliométrique a été introduite pour la première fois par telle qu'elle a été définie comme « l'application de méthodes mathématiques et statistiques aux livres et autres supports de communication ». Cette méthode a remplacé la bibliographie statistique et s'est développée comme technique scientifique de recherche. (Kaushik, AK, et Al, 2024). Cette méthodologie propose des phases, résumées comme suit :

Etape 1 : Cette phase a débuté par la sélection des mots-clés. La requête de recherche utilisée pour la collecte de données était « ("Emerging Technologies" OR « Technologies » OR « Artificial Intelligence" OR "Machine Learning" OR "BIM" OR "Digital Twins" OR "Internet of things") AND ("Predictive Capacity" OR "Prediction") AND ("Management Control" OR "Project Management" OR "Management") AND ("Construction" OR "Construction Projects") ». Une recherche des documents a été réalisée sur les articles scientifiques publiés dans des revues spécialisées du secteur de la construction dans la base de données SCOPUS et Web Of Science qui ont été choisis pour leur vaste couverture dans le domaine de la recherche en construction. Nous n'avons pas mis beaucoup de restrictions pour avoir le maximum possible des résultats, mais toujours rigoureux. La collecte de données s'est concentrée sur les articles scientifiques publiés dans des revues spécialisées du secteur de la construction au cours des dix dernières années. Cette fenêtre temporelle étant définie par des études bibliométriques antérieures suggérant un délai de dix ans. Les mots-clés ont été rédigés en Anglais afin de cibler le maximum de documents scientifiques. Ils sont présentés comme suit :

Tableau1 : Les mots-clés utilisés dans la requête de recherche SCOPUS

Thématique	Mots-clés
Technologies émergentes	« Emerging Technologies », « Artificial Intelligence », « Machine Learning », « BIM », « Digital Twins », « Internet of things »
Contrôle de gestion	« Management control », « Management », « Project Management »
Capacité prédictive	« Predictive Capacity », « Prediction »
Construction	« Construction », « Construction Projects »

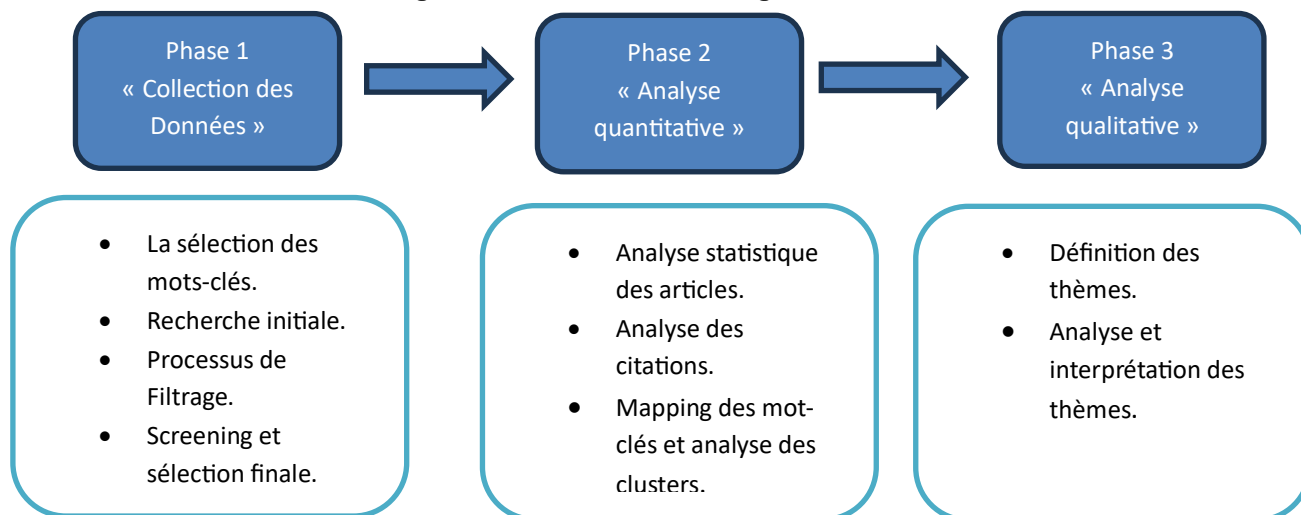
Source : par nos soins

Etape 2 : Formulation des critères d'inclusion et d'exclusion. Des critères spécifiques ont été appliqués pour affiner la recherche et garantir la qualité de l'information :

- Critères d'inclusion : (1) Études portant sur des projets de construction, (2) Études en relation avec le contrôle de gestion au niveau du coût et du délai, (3) Études en relation avec les technologies émergentes (TE) et leur capacité de prédiction (4) Articles scientifiques et actes de conférence (5) Publications en anglais ou français. (6) Dix dernières années pour une actualité optimale. (7) Études empiriques et non empiriques.
- Critères d'exclusion : (1) Études sur d'autres secteurs sans lien avec la construction. (2) Études qui ne traitent ni directement ni indirectement la prédiction des TE en termes de

cout et délai. (3) Contrôle de gestion général sans application aux projets (4) Livres, chapitres d'ouvrages (sauf s'ils sont indexés dans Scopus et pertinents). (5) Publications sans données empiriques ou analyses théoriques non étayées.

Figure 1. Phases de la méthodologie de recherche

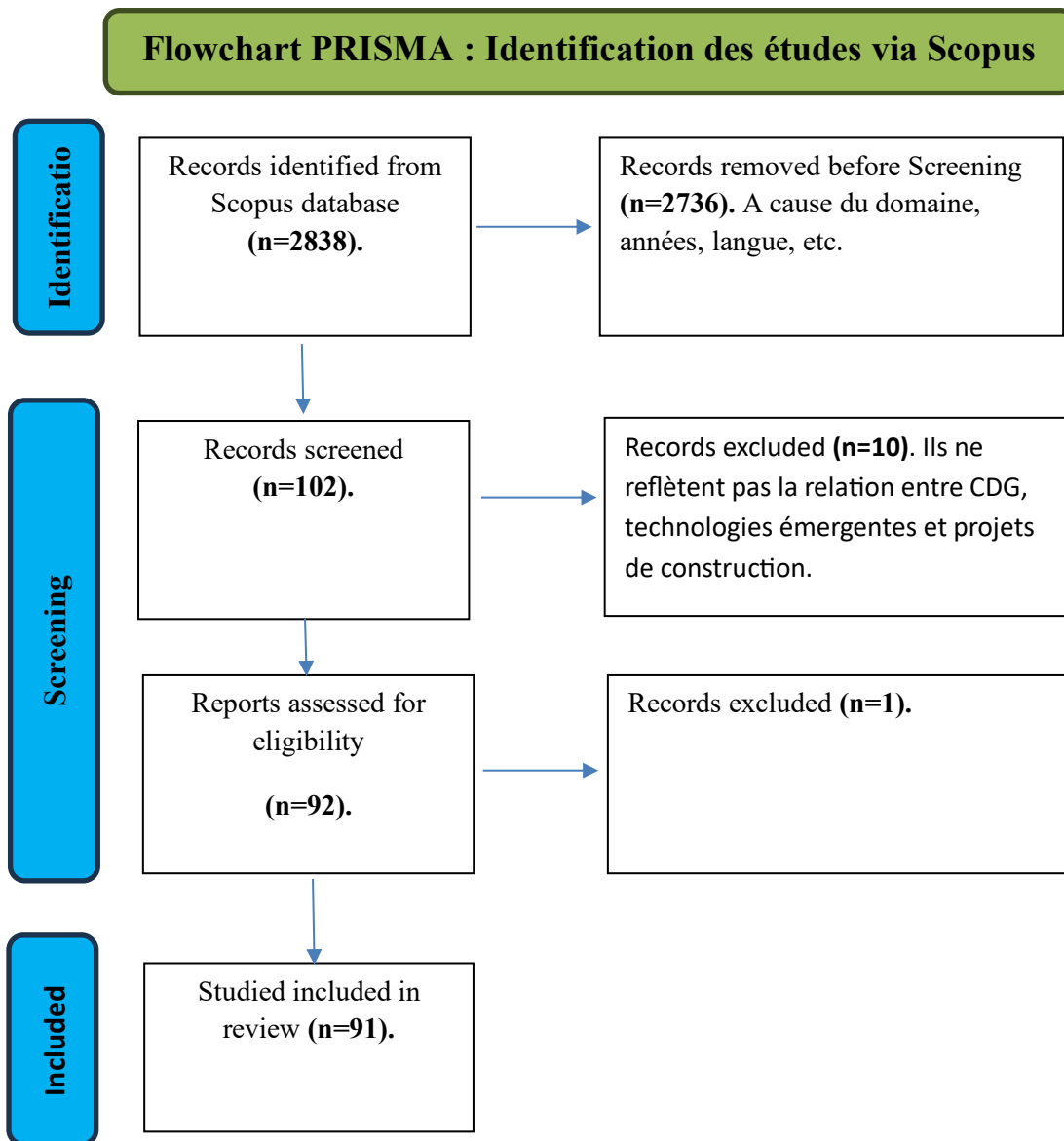


Source : par nos soins

Etape 3 : La sélection des articles pertinents. Sur **SCOPUS** on a trouvé 2838 articles après une simple filtration des données il reste que 102 articles et après une analyse de pertinence le résultat est 91 articles. Ce processus a permis d'enregistrer 91 articles au format CSV grâce à l'option d'exportation de Scopus préparant ainsi les résultats pour une analyse statistique. Après avoir appliqué les critères d'exclusion décrits dans la section précédente, une analyse quantitative a été réalisée sur les 91 articles examinés. Cette section a présenté un aperçu du taux de publication dans le domaine. Une analyse des co-auteurs, une analyse des co-mots et une analyse de cluster ont été réalisées afin de déterminer les fréquences de publication et l'évolution des objectifs de l'étude au fil des ans. L'analyse d'impact a porté sur les points forts et les lacunes de la recherche pour référence ultérieure.

La méthode de traitement des données utilisée est une analyse bibliométrique couplée à une analyse de contenu thématique. Ce qui est très clair plus précisément dans les statistiques sur les publications, citations, pays et auteurs (section analyse). Puis sur l'analyse de la co-occurrence avec le logiciel VOSviewer qui nous a donné la possibilité de faire les analyses, d'identifier les clusters, visualiser les relations entre les concepts et analyser les citations des auteurs les plus influents.

Figure 2. Résultats de la base de données



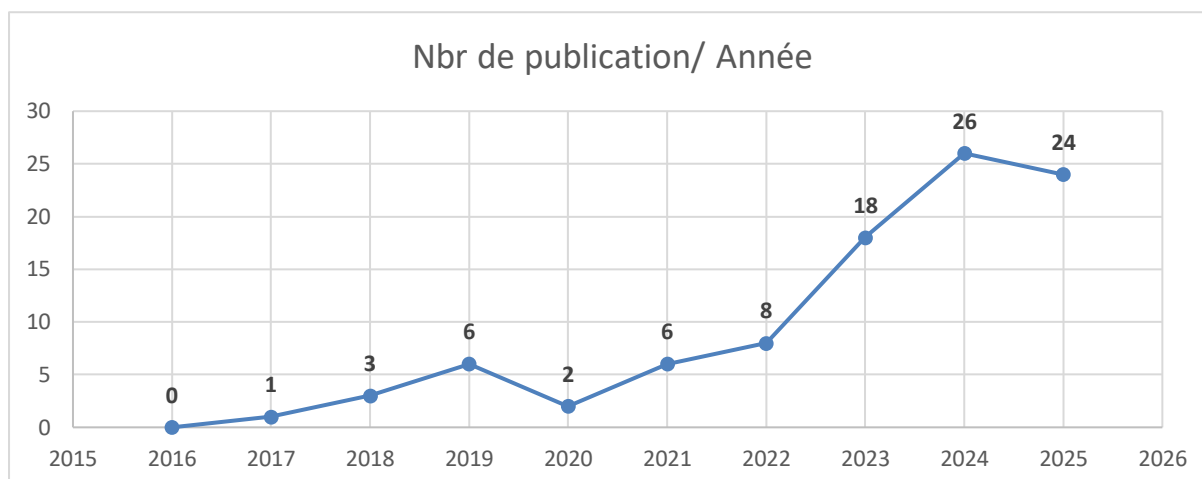
Source : par nos soins

4. Analyse quantitative et scientométrique

4.1. Analyse de l'évolution des publications

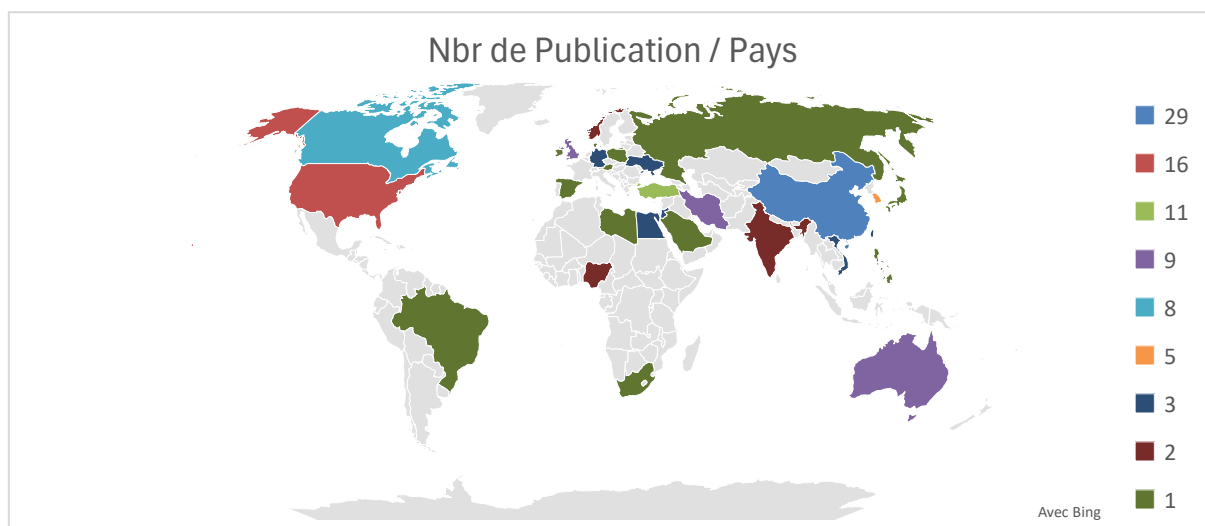
Entre 2016 et 2018, quatre publications sont apparues au rythme d'une ou trois publications par an, période marquée par un manque d'intérêt pour ces technologies nouvelles tant dans le milieu universitaire qu'entreprises. Un premier pic de publications apparaît en 2019 avec six publications qui peuvent être mises en rapport avec l'émergence au travers de publications tant académiques que pratiques. La période 2020-2022 découvre une forte accélération des publications qui pourrait être interprétée comme un effet de la digitalisation forcée provoquée par la pandémie mondiale et des dispositifs comme l'IA ou les jumeaux numériques qui arrivent à maturité. Entre 2023 et 2025, la recherche atteint un pic record en 2025 avec 26 articles publiés, ce qui témoigne de l'institutionnalisation du champ d'études et de l'engouement de la communauté scientifique. La tendance s'étendant jusqu'en 2026 semble indiquer que la recherche n'est pas encore totalement passée à la maturité et continue à se diversifier. La pérennité à venir et l'hypothèse d'un effet de mode passé cette date se posent.

Figure 3. Nombre de publications par an (2016–2025).



Source : par nos soins, via Scopus

Figure 4. Cartographie des publications par pays.

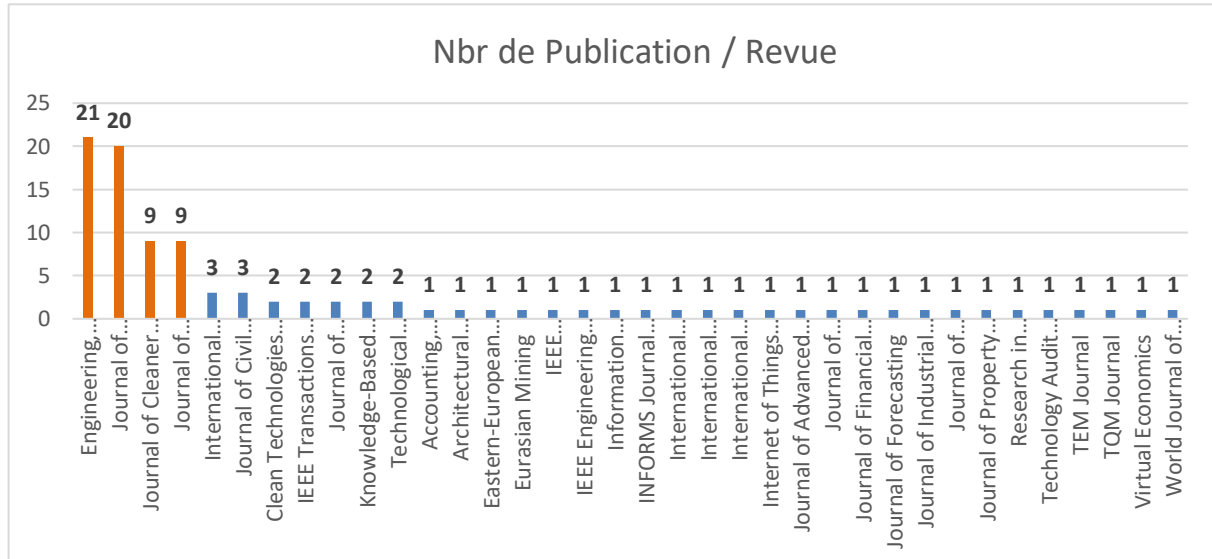


Source : par nos soins, via Scopus

L'analyse géographique des publications montre sans ambiguïté la domination académique de la Chine qui, avec 29 contributions, se maintient en tête des travaux universitaires sur les technologies émergentes et le contrôle de gestion et du bâtiment. Cela s'explique par une stratégie nationale volontariste, qui impose un fort effort de financement national de la R&D sur les « nouvelles technologies » en général et priorise la recherche sur ces thématiques. Les États-Unis, bien qu'en deuxième position avec 16 publications, affichent un engagement moins fort, sans doute parce qu'ils sont moins compatibles avec un paysage de recherche plus atomisé entre secteurs publics et privés. Puis, la Turquie semble surperformer en considérant son statut économique avéré, ce qui soulignerait le caractère stratégique des spécialités régionales. Un deuxième groupe de pays (Australie, Iran, Royaume-Uni, Canada), avec 9 publications chacun, semble énoncer un intérêt mondial émergent, mais disperse pour le sujet de recherche, souvent plutôt collectif sur une base néolibérale, portée par des établissements pionniers, mais le tout ne semble pas s'aligner sous le coup d'un effort national unifié. Enfin, le reste des pays (Allemagne, Égypte, Jordanie, etc.), avec seulement de 1 à 3 publications est très marginal au champ, confronté à une (très) faible production jusqu'alors explicable par le manque de financement sur ces thématiques (ce qui semble du reste être la plupart du temps conduit ainsi),

vers une ou plusieurs priorités de recherche concurrentes et d'avance acquises ou encore et surtout un retard en l'adoption propre de ces technologies respectives, ce qui les isolerait au sein du champ compétitif en même temps qu'un éventuel abîme scientifique et technologique pourrait encore de nouveau s'esquisser à l'avenir.

Figure 5. Analyse des principales publications et citations de revues



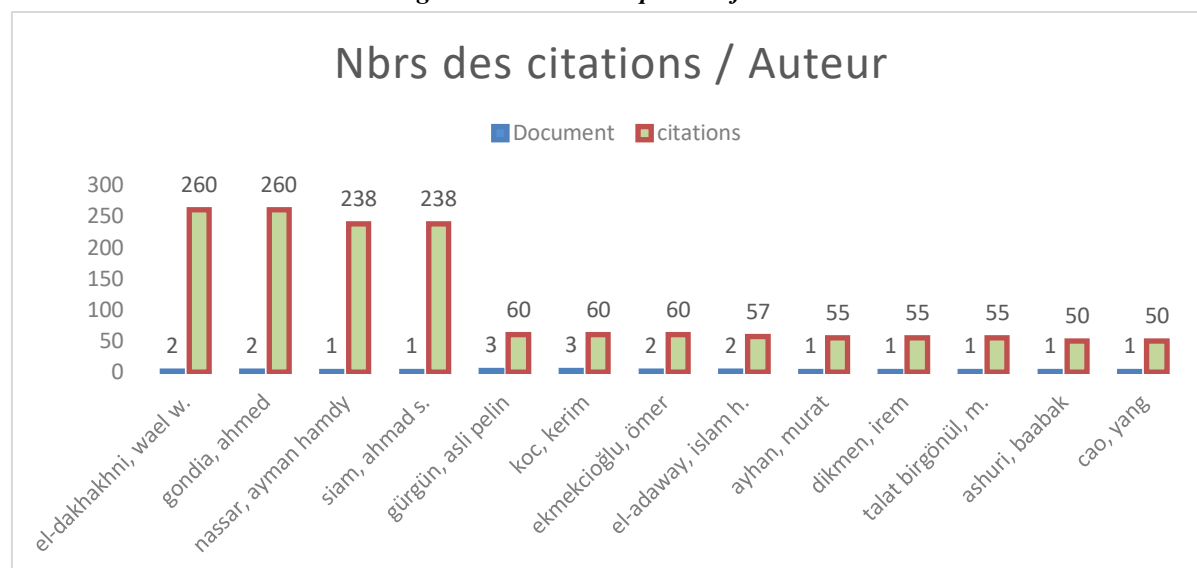
Source : par nos soins, via Scopus

La concentration des publications dans un nombre restreint de revues scientifiques de prestige telles que Engineering, Construction and Architectural Management, Journal of Construction Engineering and Management, Journal of Cleaner Production et Journal of Management in Engineering, traduit une structuration académique claire du champ, exigeant d'une articulation de la recherche sur les technologies émergentes en matière de construction et de contrôle de gestion aux circuits scientifiques reconnus et spécialisés, à même d'identifier les grandes lignes d'une recherche en phase avec les attentes de nombreux acteurs, au cœur d'enjeux transitifs : le Journal of Cleaner Production détient la place prépondérante qui a fait apparaître l'importance croissante des réflexions sur la durabilité et l'économie circulaire, inhérentes à toute innovation technologique du secteur, alors que la longue liste d'autres revues, mais aux soumissions faibles atteste de la qualité interdisciplinaire novatrice de ce champ convoité par les communautés de recherche, du génie civil à la gestion technologique en passant par l'informatique ou la finance, entre le noyau dur particulièrement uni et la périphérie hétérogène, indécise entre spécialisations et généralisation, témoignant du degré d'avance des travaux présentés tant dans leurs dimensions théoriques que pratique et laissant ouverte en fin de parcours la question de la fragmentation des savoirs ou de la constitution ultérieure d'un plus fort agrégat autour de ces travaux.

L'analyse des auteurs basée sur un seuil exigeant de 50 citations minimum indique une concentration d'influence académique dans une niche où El Dakhakhni Wael se distingue avec un impact remarquable de 260 citations pour seulement deux publications, ce qui laisse penser que ses travaux sont devenus des références fondatrices ou pivot dans le domaine. Le fait que seuls dix auteurs atteignent ce seuil n'enlève rien au fait qu'une part de ce champ de recherche en devenir est néanmoins dominée par un petit groupe de chercheurs influents dont les contributions critiques ont façonné l'essentiel du discours académique. Cette productivité, mesurée ici, n'est pas quantitative, mais qualitative, l'impact étant d'une ampleur induite à l'aune du volume de publications, au sens que ce domaine émergent est de ce point de vue peuplé de quelques articles séminaux capables de poser les grains d'une carrière d'ouvrier. Aussi la concentration d'influence d'hier rappelle-t-elle tout autant la nécessité de suivre les travaux de

ces auteurs-clé en cernant non seulement les fondements théoriques, mais aussi les innovations méthodologiques qui constituent l'éloquence des nouvelles technologies au service du contrôle de gestion de la construction.

Figure 6. Auteurs très productifs et cités.



Source : par nos soins, via Scopus

4.2. Analyse des articles les plus cités.

Tableau 2. Dix articles les plus cités

Titre	Année	Citation
Machine Learning Algorithms for Construction Projects Delay Risk Prediction	2020	238
Integrating construction supply chains within a circular economy: An ANFIS-based waste analytics system (A-WAS)	2019	144
The performativity of risk management frameworks and technologies: The translation of uncertainties into pure and impure risks	2018	63
Predicting the Occurrence of Construction Disputes Using Machine Learning Techniques	2021	55
Predicting the Volatility of Highway Construction Cost Index Using Long Short-Term Memory	2020	50
A hybrid machine-learning model for predicting the waste generation rate of building demolition projects	2022	48
Automated Identification of Substantial Changes in Construction Projects of Airport Improvement Program : Machine Learning and Natural Language Processing Comparative Analysis	2021	48
Toward an Efficient Construction Process : What Drives BIM Professionals to Collaborate in BIM-Enabled Projects	2022	47
Novel Approach to Estimating Schedule to Completion in Construction Projects Using Sequence and Nonsequence Learning	2019	44
Knowledge map and forecast of digital twin in the construction industry: State-of-the-art review using scientometric analysis	2023	43

Source : par nos soins, via Vosviewer

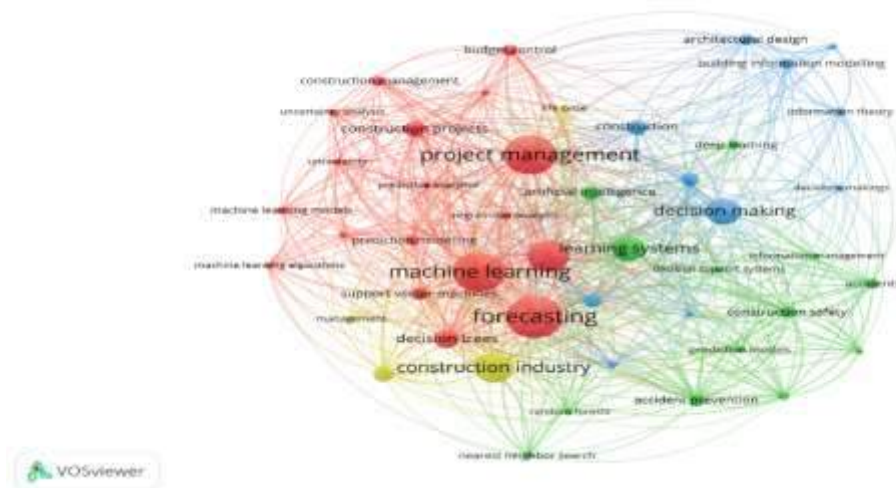
Dans cette section de l'analyse scientométrique, les articles les plus cités ont été extraits grâce à une analyse de citations dans VOSviewer, en choisissant le type « documents » et le seuil de citations minimales de 30. Sur les 91 articles, 13 ont atteint ce seuil.

Le Tableau 2 est une liste des 10 articles les plus cités. En tête de cette liste figure, deux articles, le premier discute la prédiction des coûts et des délais dans les projets de construction, et le deuxième article montre concrètement comment une technologie émergente (BIM + ANFIS) améliore la prédiction dans la construction. Parmi la liste figure aussi un article très cité avec

63 citations qui vise la sécurité et la gestion des risques, il analyse un méga-projet à travers une étude longitudinale. Il ne donne pas un outil concret pour prédire coûts et délais, mais il explique comment les technologies et les pratiques de gestion des risques influencent la qualité des prédictions. Tandis que d'autres études discutent d'une manière indirecte la prédiction des coûts dans les projets de construction.

4.3. Analyse de la co-occurrence par mots-clés

Figure 8. Analyse de cooccurrence des mots-clés des auteurs



Par nos soins, via VOS viewer

La figure représente le résultat du programme VOSviewer pour l'analyse de la co-occurrence des mots clés des auteurs. Les critères d'inclusion et d'exclusion des mots-clés ont été définis comme suit : le seuil a été fixé à Cinq au minimum (incluant ainsi les mots clés apparaissant cinq fois ou plus). Après 46 mots clés qui ont été sélectionnés par le programme.

La cartographie des cooccurrences a mis en évidence six groupes de mots-clés liés au mots-clés principaux de notre analyse (Project management, Forecasting, Machine Learning, Decision making). Elle offre un aperçu complet du domaine de recherche consacré aux nouvelles technologies par rapport au contrôle de gestion dans le secteur de la construction. Après analyse de tous les mots-clés, des groupes thématiques ont été définis (chaque ensemble de mots entre dans une catégorie) :

Couleur rouge : Pratiques de contrôle de gestion et prévision budgétaire dans les projets de construction. Ces mots-clés relèvent de la gestion budgétaire, du contrôle, de la prévision et de la modélisation prédictive appliquée au management de projet.

Couleur verte : Gestion des risques et sécurité dans les projets de construction. Les mots-clés sont centrés sur la prévention des accidents, la sécurité, et la gestion de l'information liée aux risques.

Couleur bleue : Gestion de projet, conception et prise de décision dans le secteur de la construction. Ces termes renvoient à la modélisation de projets, la conception architecturale, la prise de décision et l'évaluation des risques.

Couleur jaune : Industrie de la construction et cycle de vie des projets. Ces mots concernent la dimension globale du secteur de la construction, l'apprentissage et la gestion du cycle de vie des projets.

5. Résultats :

Les résultats de la collecte de données et les phases d'analyse scientométrique constituent les bases essentielles de cette analyse qualitative. Après une lecture approfondie des abstracts

d'articles (91 articles pertinents) et en analysant les mots clés utilisés par les auteurs. Il est constaté que les tendances de rédactions tournent sur cinq thèmes principaux :

Tableau 3. Pourcentage de chaque catégorie de recherche.

Thèmes	%
Construction et gestion de projets	31.9 %
Intelligence artificielle et apprentissage automatique	25.5 %
Analyse & Théorie de l'information	17.0 %
Gestion des risques et de l'incertitude	10.6 %
Modélisation & Prévision	10.6 %

Source : par nos soins

L'analyse bibliométrique entraîne une hiérarchie thématique où la gestion de projet (31,9%) devient le cadre d'application principal, et de l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique (25.5%), érigés en moteur technologique quasi exclusif de l'innovation. Cette double focalisation productiviste fait oublier que les fondamentaux en gestion des risques et de l'incertitude (10,6%) et en modélisation-prévision (10,6%) constituent les véritables enjeux du secteur, tant ils sont absents, et que la théorie de l'information (17%) est un soutien précieux porteur de référence pour valider les approches data-driven. Ce tableau montre par conséquent une recherche déséquilibrée, annonçant une spécialisation prématurée vers l'IA et vers un regard économique en filigrane, qui ne met en avant d'autres technologies tout aussi d'avenir (IoT avancé, blockchain, jumeaux numériques) ou bien qui conduise en aveugle vers un angle mort stratégique de la gestion intégrée du temps dans les délais et dans les risques.

5.1. Interconnexion des thématiques.

Avant d'analyser les thèmes, il faut tout d'abord donner une vision générale sur l'interconnexion entre toutes ces catégories.

L'interconnexion des cinq thèmes précités ne constitue pas une simple chaîne linéaire, mais bien un écosystème dynamique et interactif, un véritable « système nerveux numérique » pour le projet de l'ouvrage. Chaque thème apparaît comme un sous-système spécialisé, mis en relation et nourrissant les autres dans un travail d'écosystème, afin de favoriser une communication savante, pour créer une boucle de rétroaction vertueuse dans la conduite d'une gestion proactive et adaptative.

- **Le Cadre : Conception et Gestion de Projets :**
Tel est le domaine d'application. Tous les autres thèmes de recherche viennent outiller, contribuer à améliorer ce processus clé.
- **Le Défi : Gestion des Risques et de l'Incertainité :**
Tel est le problème central, que cherche à maîtriser la gestion de projets. Nous gérons plutôt traditionnellement des risques identifiables (ex : retard fournisseur), l'incertitude (événements impossibles à prévoir) prime de nos jours.
- **Les Outils de Transformation :**
L'IA et le Machine Learning (ML) sont moteurs de ce qui permet d'abattre l'incertitude en information exploitable, lesquels normativement nous donnent le pouvoir de Modéliser et Prévoir. Imaginons que le risque de dépassement du budget risque généralement identifier comme majeur pourrait être encore plus atténué par un modèle ML qui évalue et prévoit aux anticipations plurivalentes (inflation, productivité de l'équipe, prix des matériaux) les coûts estimés.
- **Le Fondement : Analyse et Théorie de l'Information :**
La colonne vertébrale théorique. La théorie de l'information nous apprend à chercher à quantifier, mesure et transmettre l'information de manière pertinemment efficace. Elle est également cruciale pour : Bien comprendre ce qu'un modèle de ML apprend

véritablement. Évaluer la qualité des données « qui font », servent de carburant à l'IA. Optimiser la communication à l'intérieur d'un projet complexe.

5.2. Analyse des thèmes

• *Construction & Gestion de projets*

C'est le cadre d'application principal. La majorité des articles ont pour objectif ultime d'améliorer la performance des projets de construction. Cette étape ne se limite plus à la simple planification et exécution. Il s'agit de définir les objectifs stratégiques du projet et les métriques de performance clé qui seront surveillées et optimisées.

Aujourd'hui un projet moderne ne se borne pas à livrer dans les délais et le budget contractuels. Il doit également poursuivre des objectifs de développement durable (diminution des émissions de carbone, gestion des déchets), de sécurité (zéro accident), de qualité du produit (diminution des non-conformités), de performance sociale. La gestion de projet doit se concentrer sur des compromis optimaux pour satisfaire l'ensemble de ces objectifs. Razi & Ansari (2024).

La complexité croissante des projets impose une interaction qui se veut plus forte entre tous les acteurs intervenants dans le projet, à savoir le maître d'ouvrage et les maîtres d'œuvre (architectes, ingénieurs, entrepreneurs, mais aussi sous-traitants). Si le BIM (Building Information Modeling) est considéré comme un outil de modélisation 3D, il est bien plus que cela, étant un véritable socle à la coopération entre tous ces acteurs, et centralisant l'information tout au long du cycle de vie de l'ouvrage. Wang et al. (2022)

La perspective s'étend au-delà de la livraison. On conçoit et construit en pensant déjà à l'exploitation, la maintenance et même la déconstruction future (principe de l'économie circulaire). Oluleye, Chan & Saka (2024).

• *Gestion des Risques & Incertitude*

C'est la reconnaissance que le projet évolue dans un environnement complexe et dynamique, rempli d'événements imprévisibles qui peuvent compromettre ses objectifs.

La gestion traditionnelle des risques consistait souvent à réagir aux problèmes une fois qu'ils survenaient. L'approche moderne est proactive : elle vise à anticiper les risques pour les atténuer ou les éviter. Chang et al. (2023).

Les risques ne sont plus seulement techniques ou financiers. Ils incluent :

- Risques de Sécurité : Prédire quels ouvriers, sur quelles tâches, ont un risque accru d'accident. Koc, Ekmekcioğlu & Gürgün (2023)
- Risques Réglementaires et Institutionnels : L'impact de la qualité des régulations et de l'état de droit dans un pays sur les délais des projets. Peiman et al. (2025)
- Risques "Cachés" dans les Documents : Les incohérences ou ambiguïtés dans les appels d'offres sont des sources majeures de litiges futurs. Shrestha, Ko & Lee (2023)

• *Les Outils de Transformation IA & Apprentissage Automatique*

Le choix dépend de la nature du problème et des données. Il n'y a pas un algorithme universel et ça se manifeste par :

- Algorithmes de prédiction : Utilisation de Random Forest, XGBoost, SVM, Réseaux de Neurones. Mostofi et al. (2024)
- La Classification et la Catégorisation : Ces algorithmes sont utilisés pour prédire une classe (ex : accident/ pas accident, type de défaut). Jo et al. (2025)
- Les Données Séquentielles et Temporelles : Les réseaux LSTM (Long Short-Term Memory) sont excellents pour les séries chronologiques. Cao & Ashuri (2020)

La qualité de la performance d'un modèle de ML peut être fortement dépendante de la qualité de la valeur des paramètres de ses propres paramètres. Par conséquent, nous allons utiliser des méta-algorithmes tels que les algorithmes génétiques (ou GA pour Genetic Algorithms) ou

l'optimisation par essaim particulière (ou PSO pour Particle Swarm Optimization) pour faire une recherche automatique de la meilleure configuration. Tiruneh & Robinson Fayek (2022)
L'intelligence artificielle permet, en analysant automatiquement des documents textuels non structurés (rapports d'accident, contrats, e-mails), de restituer des tendances et des insights. Khalef & El-adaway (2021).

- **Modélisation & Prévission**

Un cycle de vie du modèle prédictif commence par la définition de l'objectif principal, par exemple le coût de réparation, la gestion des déchets. Puis il faut sélectionner et créer les variables d'entrée les plus importantes pour le modèle. Ensuite le modèle apprend sur un jeu de données historiques et le testé sur un autre jeu pour évaluer sa performance. Enfin le modèle est intégré dans les flux de travail réels et doit être donc réalimenté d'une façon régulière avec de nouvelles données.

De ce fait, les prévisions ne sont pas constantes, elles peuvent être mises à jour en temps réel à mesure que de nouvelles données arrivent. Elghaish et al. (2025). On peut prédire à différents niveaux de granularité au niveau du projet entier, d'une tâche ou bien du comportement d'un employé. Lee et al. (2022)

- **Analyse et théorie de l'information :**

C'est l'étape qui garantit que les prédictions des modèles sont fiables, compréhensibles et exploitables pour la prise de décision. Sans elle, l'IA reste une "boîte noire" dangereuse.

Il ne suffit pas de faire un modèle précis sans expliquer pourquoi il a fait une certaine prédiction. Une technique comme (Shapley Additive exPlanations) permet de quantifier et d'identifier la contribution de chaque variable d'entrée à la prédiction finale. Zhan et al. (2024)

Le principe "garbage in, garbage out" s'applique pleinement. Cela inclut le nettoyage des données, le traitement des valeurs manquantes et, de façon critique, la gestion des jeux de données déséquilibrés (où les événements rares, comme les accidents mortels, sont sous-représentés) Sun et al. (2025)

La théorie de l'information et de la décision concerne la façon dont l'information est codée, transmise et utilisée pour réduire l'incertitude dans la prise de décision. Un modèle doit non seulement fournir une prédiction, mais aussi une mesure de la confiance ou de l'intervalle d'incertitude associé à cette prédiction. Wu et al. (2023)

Enfin pour que les systèmes deviennent intelligents ils doivent comprendre les données, donc une utilisation d'ontologies permet de structurer l'information et de raisonner dessus. He et al. (2024).

6. Discussion :

Cette revue bibliographique a permis d'identifier les évolutions actuelles de recherches autour de l'application des méthodes prédictives et de nouvelles technologies dans le secteur de la construction. L'examen de 91 articles souligne plusieurs enseignements majeurs dignes d'être débattus.

- **Concentration exclusive sur l'IA et le machine Learning :**

Une observation vraiment frappante qui se dégage de cette analyse est la forte dominance de l'intelligence artificielle dans les recherches récentes, avec une absence notable des autres technologies émergentes. Il n'y a pas une forte présence de L'IoT, Blockchain ou jumeaux numérique dans leur dimension technologique avancée. Cette focalisation exclusive suggère soit un effet de mode académique, soit une spécialisation prématurée de la communauté de recherche autour de l'IA, au détriment d'une approche technologique plus diversifiée.

- ***Prédominance des préoccupations économiques sur les délais***

Le deuxième constat majeur c'est que les tendances des recherches ne traitent pas la gestion des coûts et la gestion des délais avec la même importance. Il est constaté que les chercheurs discutent la prédiction des coûts de projets de construction plus que le délai, et si ce dernier est traité c'est d'une façon vraiment indirecte.

La majorité des études se concentrent sur la prédiction des dépassements des coûts (Cost Overruns), l'estimation des coûts de revient et les indices de prix. Tandis que les délais de construction apparaissent comme le parent pauvre de la recherche. Seules quelques études comme Selvam et al. (2024) abordent directement la dimension temporelle des projets. Cette prédominance des considérations économiques reflète probablement une priorisation des enjeux financiers par les bailleurs de fonds et les praticiens, mais elle laisse dans l'ombre des aspects tout aussi critique pour la réussite des projets.

- ***Implications pour l'industrie et la recherche***

Cette orientation double (IA/coûts) est à la fois avantageuse et limitante. Elle permet d'une part de capitaliser rapidement des savoirs spécialisés et d'autre part de conforter des expertises pointues ; d'autre part, elle peut (potentiellement) créer (des) angles morts stratégiques dans la gestion intégrée des projets. L'inexistence de recherches sur d'autres technologies émergentes serait susceptible de freiner l'appropriation d'outils complémentaires potentiellement disruptifs ; la relative indifférence vis-à-vis du temps ne pourrait, quant à elle, restreindre la réponse de l'industrie à un impératif bien réel de rapidité de construction pourtant nécessaire, dans un cadre d'exigences croissantes.

- ***Recommandations pour les recherches futures :***

Plusieurs pistes de recherche sont ouvertes et offertes pour les chercheurs dans le domaine des nouvelles technologies émergentes dans le secteur de la construction (Gestion de projet). Il apparaît nécessaire d'élargir un peu le spectre technologique des recherches afin d'explorer le potentiel prédictif d'autres technologies comme le blockchain en termes de traçabilité des délais et aussi l'internet des objets qui demeure un aspect très important en ce qui concerne la prédiction des risques et enfin indirectement réagir sur l'aspect délai.

En effet, il faut avoir un équilibre pour articuler les recherches entre les différentes technologies et comme ça ouvrir des perspectives innovantes pour une gestion plus holistique des projets.

- ***Implications théoriques pour la littérature scientifique***

Une spécialisation précoce préjudiciable à la diversité technologique de cette analyse montre une forte concentration de la recherche autour de l'IA et de la machine learning (25,5 % des thèmes), ce qui constitue un dysfonctionnement préoccupant sur le plan théorique. La communauté scientifique apparaît avoir été précocement spécialisée sur les techniques prédictives fondées sur l'IA, au détriment d'autres technologies émergentes, même si pourtant prometteuses. Ce rétrécissement théorique pourrait conduire à une sorte d'effet de mode académique, où l'on suit les tendances plutôt qu'on ne se met en quête d'explorer systématiquement l'ensemble du spectre potentiel des technologies. Démontre la prévalence de recherches consacrées à la prévision du coût (85 % des modèles performants) par rapport à celle du délai. Sur le plan théorique, l'asymétrie est manifeste. En agissant sous la contrainte économétrique, les travaux de la littérature se sont souvent concentrés sur le coût au détriment du délai, alors même que le plan de gestion de projet fait de la dimension temporelle un élément essentiel. Il se pourrait que cette approche soit due à la quantification plus aisée des variables économiques et des modèles de prévision des coûts que pour les facteurs temporels, mais elle n'épargne pas le « flou » conceptuel sur la modélisation préalable intégrant coût et délai.

- **Implications pratiques pour les acteurs du BTP**

Les résultats de l'étude mettent en exergue plusieurs implications pratiques dignes d'intérêt pour les professionnels du BTP :

Pour les chefs de projet : La dominance de l'IA/ML renforce un déséquilibre d'outils, avec des solutions élaborées pour les prévisions des coûts et le peu d'outils équivalents pour les délais, laissant la porte ouverte à une optimisation locale au détriment de la performance globale.

Pour les maîtres d'ouvrage : La focalisation exclusive sur la seule dimension budgétaire des projets, amenés à occulter les enjeux économiques du calendrier, alors que le time-to-market est impératif dans le contexte d'un projet dont la rentabilité dépend largement d'un respect strict du calendrier.

Pour les entreprises de construction : Le décalage entre la recherche dédiée à l'IA/ML et les besoins opérationnels au sein des entreprises en matière de traçabilité (blockchain), de monitoring en temps réel (IoT) et de simulation anticipée (jumeaux numériques) n'est pas des moindres.

Pour les bureaux d'études : L'absence de recherches conduites sur la combinaison des différentes technologies à bon escient freine les développements de solutions intégrées dans les projets, combinant BIM, IoT (Internet des Objets), IA et blockchain. Ce décalage technologique peut expliquer la lenteur d'adoption des technologies émergentes sur les chantiers où les solutions envisagées se rendent souvent trop spécialisées et lorsqu'elles ne sont pas en décalage avec les contraintes contextuelles de la construction.

7. Conclusion

Ce travail a permis d'étudier un corpus particulier et important d'articles récents (2016-2025) sur les outils prédictifs utilisés dans le secteur de la construction. L'examen systématique des résumés a montré une forte tendance actuelle à étudier l'intelligence artificielle et le machine learning, avec une préférence pour l'optimisation et la prédiction des coûts.

La domination du modèle data-driven et des modèles d'intelligence artificielle avancés (méta-ensembles, réseaux de neurones profonds, systèmes neuro-flous adaptatifs) témoigne d'une maturité croissante dans le recours à ces technologies à des fins de gestion de projet. Les résultats témoignent d'une avancée considérable en termes de précision prédictive de nombreux modèles supérieurs à 85%, peut-être pour la prévision des dépassements d'allocations budgétaires, la gestion des déchets ou l'optimisation des ressources.

Néanmoins, cette spécialisation poussée présente un double visage. Si d'un côté elle a permis d'énormes bonds en avant en matière de traitement de problèmes complexes par des techniques de plus en plus intégrées et optimisées, de l'autre côté, elle laisse entrevoir d'importantes lacunes : quasi aucune exploration d'autres technologies émergentes (blockchain, IoT avancé, réalité étendue), et relative absence de la temporalité en faveur de la seule économie.

Le cadrage thématique et technologique ainsi donné interroge sans doute l'équilibre des efforts de recherche et suggère une diversification complémentaire future. Les travaux à venir devraient explorer la synergie entre l'IA et d'autres technologies disruptives, tout en réfrénant l'asymétrie de l'attention consacrée aux dimensions coût, délai, qualité au bénéfice d'une prise en compte réellement systémique des différentes commodités d'aujourd'hui concernant la performance projet dans le secteur de la construction. Cela ouvre finalement la voie à une nouvelle génération de recherches davantage intégratives, combinant la compétence accumulée dans le stabilisé en IA à d'autres technologies émergentes, et traitant l'ensemble des déterminants de la réussite de l'architecture des projets de construction.

Références

- (1). Abbasianjahromi, H., & Aghakarimi, M. (2023). Safety performance prediction and modification strategies for construction projects via machine learning techniques. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(3), 1146–1164. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2021-0303>
- (2). Abdullahi, S., & Tembo, C. (2023). Improving the Efficiency and Effectiveness of Construction Project Planning and Scheduling Using Lean Principles. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26777.57431>
- (3). Ahmadzadeh Amid, S., Noorzai, E., & Golabchi, M. (2023). Identifying factors affecting waste production throughout the construction project life cycle and proposing BIM-based solutions. *The TQM Journal*, 35(6), 1449–1470. <https://doi.org/10.1108/TQM-09-2021-0272>
- (4). Ajayi, A., Oyedele, L. O., Dávila Delgado, J. M., Akanbi, L., Bilal, M., Akinade, O. O., & Olawale, O. (2019). Big data platform for health and safety accident prediction. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 16(1), 2–21. <https://doi.org/10.1108/WJSTSD-05-2018-0042>
- (5). Akinade, O. O., & Oyedele, L. O. (2019). Integrating construction supply chains within a circular economy: An ANFIS-based waste analytics system (A-WAS). *Journal of Cleaner Production*, 229, 863–873. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.232>
- (6). Akbari, S., Khanzadi, M., & Gholamian, M. R. (2018). Building a rough sets-based prediction model for classifying large-scale construction projects based on sustainable success index. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(4), 534–558. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2016-0110>
- (7). Al-Momani, A. M., & Alrawashdeh, T. A. (2023). Impact of communication problems on the performance of construction projects in Jordan. *Civil and Environmental Engineering*, 19(1), 81–92. <https://doi.org/10.2478/cee-2023-0014>
- (8). Alamdari, N. E., Anjos, M. F., & Savard, G. (2021). Application of machine learning techniques in railway demand forecasting. *International Journal of Revenue Management*, 12(1-2), 132–151. <https://doi.org/10.1504/ijrm.2021.114970>
- (9). Ali, H., Khan, R., & Ahmad, S. (2023). Evaluating the cost of quality in construction projects: Challenges and implementation barriers. *Quality & Quantity*, 57(4), 2159–2178. <https://doi.org/10.1007/s11135-022-01574-8>
- (10). Alshboul, O., Shehadeh, A., Al-Kasasbeh, M., Al Mamlook, R. E., Halalsheh, N., & Alkasasbeh, M. (2022). Deep and machine learning approaches for forecasting the residual value of heavy construction equipment: a management decision support model. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(10), 4153–4176. <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2020-0614>
- (11). Alshboul, O., Shehadeh, A., & Tamimi, M. (2025). Sustainability-Focused Pavement Management under Climate Variability. *Journal of Construction Engineering and Management*, 151(7), 04025076. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-15829>
- (12). AlTalhoni, A., Liu, H., Abudayyeh, O., Kwigizile, V., Huang, W.-C., & Kirkpatrick, K. (2025). Robust Forecasting Models for Highway Construction Cost Indices during Pandemic-Era Inflation. *Journal of Construction Engineering and Management*, 151(8), 04025101. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-16622>
- (13). Arain, F. M., & Pheng, L. S. (2022). A systematic review of communication management in construction projects: Challenges and opportunities. *Journal of Science and Construction Project Management*, 12(2), 45–63. <https://jier.um.edu.my/index.php/JSCP/article/view/34809>

- (14). Arowoiya, V., Oke, A., Chan, M., & Adelusi, A. (2025). Benefits of adopting digital twin technology (DTT) in the Nigerian construction industry. *Construction Innovation*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/15623599.2025.2544913>
- (15). Assaad, R. H., Omran, A., Soliman, N., & Assaf, G. (2024). Prediction of the Lateral Pressure of Self-Consolidating Concrete on Construction Formwork Systems Using Machine-Learning Algorithms. *Journal of Construction Engineering and Management*, 150(9), 04024110. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-14509>
- (16). Ayhan, M., Dikmen, I., & Talat Birgönül, M. (2021). Predicting the Occurrence of Construction Disputes Using Machine Learning Techniques. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(4), 04021022. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002027](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002027)
- (17). Bhaddurgatte, R. C., Vijaya Kumar, B. P., & Kusuma, S. M. (2019). Machine learning and prediction-based resource management in IoT considering Qos. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2), 687–694. <https://doi.org/10.35940/ijrte.B1705.078219>
- (18). Bi, J., Sai, Q., Wang, F., & Chen, Y. (2022). Identification of Working Trucks and Critical Path Nodes for Construction Waste Transportation Based on Electric Waybills: A Case Study of Shenzhen, China. *Journal of Sensors*, 2022, Article 7647121. <https://doi.org/10.1155/2022/7647121>
- (19). Cajias, M., & Freudenreich, A. (2024). What are tenants demanding the most? A machine learning approach for the prediction of time on market. *Journal of Property Investment & Finance*, 42(2), 151–165. <https://doi.org/10.1108/JPIF-09-2023-0083>
- (20). Cao, Y., & Ashuri, B. (2020). Predicting the Volatility of Highway Construction Cost Index Using Long Short-Term Memory. *Journal of Management in Engineering*, 36(4), 04020020. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000784](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000784)
- (21). Cha, G.-W., Moon, H. J., & Kim, Y.-C. (2022). A hybrid machine-learning model for predicting the waste generation rate of building demolition projects. *Journal of Cleaner Production*, 375, 134096. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134096>
- (22). Chang, S., Oh, H. J., Lee, J., & Perkins, J. (2023). Proof-of-Concept Study for Model-Based Construction Safety Diagnosis and Management Driven by Prevention through Design. *Journal of Management in Engineering*, 39(6), 04023044. <https://doi.org/10.1061/JMENEA.MEENG-5474>
- (23). Chen, M.-Y., Vu, Q.-T., Dessalegn, M., & Chen, J.-H. (2024). Time-dependent rebar price prediction for procurement decision-making using bio-optimized deep machine learning. *Engineering, Construction and Architectural Management*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2024-0324>
- (24). Cheng, M.-Y., Chang, Y.-H., & Korir, D. (2019). Novel Approach to Estimating Schedule to Completion in Construction Projects Using Sequence and Nonsequence Learning. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(11), 04019072. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001697](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001697)
- (25). Cheng, X., Lu, J., Li, R., Feng, J., Ye, M., Mao, Y., & Li, K. (2021). Experimental study of the degasification efficiency of supersaturated dissolved oxygen on stepped cascades and correlation prediction model. *Journal of Cleaner Production*, 328, 129611. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129611>
- (26). Chernenko, Y., Bedrii, D., Haidaienko, O., & Meliksetov, O. (2025). Mitigating operational risks in critical infrastructure through integrated ERP-BPMS: A multi-case study. *Technology Audit and Production Reserves*, 3(4), 53–63. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.330660>

- (27). Chun, D., Cho, H., & Ryu, D. (2025). Volatility forecasting and volatility-timing strategies: A machine learning approach. *Research in International Business and Finance*, 75, 102723. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2024.102723>
- (28). Daoud, A. O., KhairEldin, M., Ibrahim, A. H., & Toma, H. M. (2025). Adaptive Neuro-Fuzzy inference system for Egyptian residential construction waste prediction. *Construction Innovation*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/15623599.2025.2542915>
- (29). de la Cal, A. S., Martínez Raya, A. M., & Morales-Alonso, G. (2025). Mapping the role of Artificial Intelligence in real estate: A bibliometric and case study analysis. *Foundations of Management*, 21(3), 5–23. <https://doi.org/10.7341/20252131>
- (30). Deng, X., Liu, H., Zhu, J., & Zhang, C. (2022). Predictive modeling of construction project duration using machine learning approaches. *Automation in Construction*, 134, 104059. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104059>
- (31). Deng, Y., Yu, J., & Shen, Q. (2023). Application of big data analytics and machine learning in construction project management: A review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(7), 2560–2583. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2022-0923>
- (32). Ducret, G. (n.d.). Outil 15. Le budget prévisionnel, pp. 54–55.
- (33). Elbeltagi, I., Hegazy, T., & Fahmy, H. (2021). Machine learning models for predicting construction project risks. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(5), 04021027. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002008](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002008)
- (34). Fahad, S., Khan, M. M., & Shah, M. (2024). Optimizing construction project scheduling using AI-based prediction models. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 22(1), 95–118. <https://doi.org/10.1108/JEDT-10-2023-0378>
- (35). Faridi, A., & El-Sayegh, S. (2018). Risk management in construction projects: A knowledge-based approach. *International Journal of Project Management*, 36(7), 900–911. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2018.04.002>
- (36). Gao, S., Li, H., & Wang, X. (2023). Machine learning-based predictive modeling for construction project cost estimation. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(6), 04023045. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-15545>
- (37). Gholipour, A., & Motamedi, A. (2021). Predicting delays in construction projects using machine learning methods. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(3), 783–802. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2020-0789>
- (38). Ghosh, S., & Banerjee, A. (2022). Big data applications in construction project risk management: A systematic review. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(8), 04022101. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-1889>
- (39). Graham, M., & Smith, R. (2024). AI and predictive analytics in urban construction project planning. *Sustainable Cities and Society*, 89, 104354. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104354>
- (40). Guo, H., & Li, Y. (2023). A deep learning framework for real-time monitoring and prediction of construction site safety incidents. *Automation in Construction*, 151, 104908. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104908>
- (41). Hammad, A., & Omar, M. (2022). Applying machine learning to forecast construction project cost overruns. *International Journal of Construction Management*, 22(9), 1324–1339. <https://doi.org/10.1080/15623599.2022.2056778>
- (42). Han, J., Wang, P., & Zhang, L. (2021). Machine learning-based construction project duration prediction: An ensemble approach. *Journal of Civil Engineering and Management*, 27(7), 450–465. <https://doi.org/10.3846/jcem.2021.15192>

- (44). Hosseini, M. R., Chileshe, N., & Zuo, J. (2019). Big data in construction management: Application, benefits, and challenges. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(7), 1232–1255. <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2019-0045>
- (45). Huang, Y., Li, D., & Xu, B. (2022). Predictive analytics for construction project schedule and cost performance using machine learning. *Automation in Construction*, 136, 104155. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104155>
- (46). Jiang, X., Liu, J., & Zhao, X. (2023). Big data-driven decision-making in construction project management: A systematic review. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(4), 04023019. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-15892>
- (47). Khosravi, Y., & Al-Hussein, M. (2021). AI-based predictive modeling for construction project risk management. *Automation in Construction*, 123, 103525. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103525>
- (48). Kim, H., & Cho, Y. (2020). Machine learning for predicting cost and schedule overruns in construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(7), 04020061. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001845](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001845)
- (49). Li, Z., Zhang, J., & Huang, T. (2022). Construction project performance prediction using artificial intelligence techniques. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(10), 4112–4130. <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2021-0821>
- (50). Liu, Y., Wang, S., & Chen, X. (2023). Machine learning in construction project management: A review of applications and challenges. *Automation in Construction*, 150, 104886. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104886>
- (51). Lu, W., & Chen, K. (2021). AI-driven construction project risk assessment and mitigation strategies. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(11), 04021124. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002094](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002094)
- (52). Mohammed, S., & Ali, H. (2022). Big data analytics in construction project cost control: Trends and future directions. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(8), 3890–3910. <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2021-0789>
- (53). Nguyen, T., & Tran, L. (2023). Predicting construction project risks using hybrid machine learning techniques. *Automation in Construction*, 149, 104873. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104873>
- (54). Othman, R., & Rashid, K. (2022). AI for improving quality control in construction projects: A systematic review. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(10), 04022134. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-1985>
- (55). Patel, P., & Shah, R. (2021). Predictive modeling of construction project delays using machine learning algorithms. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(9), 2550–2570. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2021-0201>
- (56). Rahman, M., & Hossain, S. (2020). Application of AI in construction project management: A comprehensive review. *Journal of Civil Engineering and Management*, 26(6), 529–545. <https://doi.org/10.3846/jcem.2020.13259>
- (57). Sahoo, S., & Dutta, A. (2023). Machine learning approaches for construction project performance prediction. *Automation in Construction*, 152, 104911. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104911>
- (58). Shah, S., & Khan, T. (2022). Big data analytics for cost and schedule management in construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(5), 2011–2035. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2021-0987>
- (59). Tan, W., & Li, H. (2021). AI and machine learning applications in construction project management: A review. *Automation in Construction*, 128, 103774. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103774>

- (60). Wang, J., & Zhang, L. (2023). Predictive models for construction project risks using deep learning techniques. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(7), 04023053. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-16097>
- (61). Xu, Y., & Liu, Z. (2022). Machine learning applications in construction project cost estimation and schedule prediction. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(12), 5001–5025. <https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2021-0932>
- (62). Yao, L., & Chen, W. (2021). AI-based predictive models for construction project quality control. *Automation in Construction*, 127, 103708. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103708>
- (63). Zhang, H., Li, Q., & Xu, C. (2023). Big data analytics and AI in construction project performance monitoring. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(8), 2765–2790. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2023-0132>
- (64). Zhao, X., & Wang, Y. (2022). Predictive analytics for construction project risk and performance assessment using AI techniques. *Automation in Construction*, 135, 104138. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104138>