



# Revue Systématique sur Optimisation de la gestion énergétique des bâtiments intelligents à l'aide de l'IA et de l'IoT

Akram Mouhlal - Zakaria Saadedinne

May 12, 2025

## Abstract

L'optimisation de la gestion énergétique dans les bâtiments intelligents représente un enjeu majeur face aux défis environnementaux et à la hausse des coûts énergétiques. Ce travail explore l'intégration de l'Intelligence Artificielle (IA) et de l'Internet des Objets (IoT) comme solution innovante pour améliorer l'efficacité énergétique des infrastructures modernes. L'objectif principal est de concevoir un système intelligent capable de surveiller, analyser et ajuster en temps réel la consommation d'énergie en fonction des données collectées par des capteurs IoT (température, mouvement, luminosité, etc.).

La méthodologie adoptée repose sur la collecte de données environnementales via un réseau de capteurs connectés, traitées ensuite par des algorithmes d'apprentissage automatique (machine learning), tels que la régression linéaire, les forêts aléatoires ou les réseaux neuronaux. Ces modèles permettent de prévoir les besoins énergétiques futurs et d'optimiser automatiquement les systèmes de chauffage, d'éclairage ou de climatisation.

Les résultats obtenus à partir de simulations et de prototypes montrent une réduction significative de la consommation énergétique, pouvant atteindre jusqu'à 30 %.

En conclusion, la convergence de l'IA et de l'IoT constitue une solution prometteuse pour rendre les bâtiments plus durables, intelligents et autonomes, en s'inscrivant pleinement dans une démarche de transition énergétique.

**Mots-clés :** mot1, mot2, mot3.

## 1 Introduction

L'augmentation constante de la demande énergétique dans le secteur du bâtiment, combinée aux préoccupations croissantes concernant le changement climatique, pousse à repenser les méthodes traditionnelles de gestion énergétique. Les bâtiments intelligents, équipés de capteurs connectés (IoT), offrent un potentiel considérable pour surveiller en temps réel la consommation d'énergie. Toutefois, la simple collecte de données ne suffit pas : il est désormais essentiel d'exploiter l'Intelligence Artificielle (IA) pour analyser ces données et optimiser les processus énergétiques.

Cette revue est justifiée par la nécessité de synthétiser les recherches récentes sur l'interaction entre l'IA et l'IoT dans le domaine de la gestion énergétique des bâtiments. Plusieurs études ont été menées dans des contextes variés (résidentiel, commercial, industriel), mais peu d'entre elles proposent une vision intégrée, évaluant à la fois l'efficacité énergétique, la performance des algorithmes et le confort des occupants.

L'objectif principal de cette revue est d'analyser les approches existantes basées sur l'IA et l'IoT pour améliorer la performance énergétique des bâtiments intelligents, d'identifier les techniques les plus efficaces, ainsi que les défis actuels et perspectives futures.

Formulation PICO :

P (Population/Problème) : Bâtiments intelligents nécessitant une gestion énergétique efficace

I (Intervention) : Intégration de capteurs IoT et d'algorithmes d'IA

C (Comparaison) : Méthodes traditionnelles de gestion énergétique (sans IA/IoT)

O (Résultats) : Réduction de la consommation énergétique, amélioration du confort et de la durabilité

## 2 Méthodologie

### 2.1 Sources de données

Pour réaliser cette revue scientifique, une recherche documentaire approfondie a été effectuée à partir de bases de données académiques fiables et reconnues :

\* \*\*IEEE Xplore\*\* : spécialisée dans les domaines de l'ingénierie, l'intelligence artificielle et l'Internet des Objets. \* \*\*Scopus\*\* : base de données multidisciplinaire offrant une large couverture en sciences appliquées et technologies. \* \*\*ScienceDirect (Elsevier)\*\* : contient de nombreuses publications sur l'énergie, l'automatisation et les systèmes intelligents. \* \*\*SpringerLink\*\* : pour accéder à des articles scientifiques sur les systèmes intelligents et les algorithmes d'optimisation. \* \*\*Web of Science\*\* : base de données de référence pour identifier les publications à fort impact scientifique. \* \*\*PubMed\*\* (si applicable) : utilisée dans le cas où la revue inclut des aspects liés au confort des occupants ou à la santé.

Critères de recherche :

**Critères d'inclusion :**

\* Publications entre **2018 et 2025**. \* Articles évalués par les pairs. \* Travaux intégrant à la fois l'**IA** et l'**IoT** dans le contexte de la **gestion énergétique des bâtiments**. \* Études incluant des résultats mesurables sur la consommation d'énergie, le confort des usagers ou la performance des algorithmes.

**Critères d'exclusion :**

\* Études traitant uniquement de l'IA ou du IoT sans lien avec l'énergie ou les bâtiments. \* Travaux purement théoriques sans expérimentation ou application pratique. \* Sources non scientifiques (blogs, sites Web non vérifiés).

**Mots-clés utilisés pour la recherche :**

“( "smart building" OR "intelligent building") AND ("energy optimization" OR "energy efficiency" OR "energy management") AND ("IoT" OR "Internet of Things") AND ("artificial intelligence" OR "machine learning" OR "deep learning") “

## 2.2 Critères d'inclusion/exclusion

Afin de garantir la pertinence et la qualité des publications incluses dans cette revue, les critères suivants ont été appliqués :

**Période de publication :**

\* Les études publiées entre **2018 et 2025** ont été retenues, afin de se concentrer sur les recherches les plus récentes dans un domaine technologique en constante évolution.

**Langue :**

\* Seules les publications **en français ou en anglais** ont été prises en compte, ces deux langues étant les plus utilisées dans la littérature scientifique technique et accessible au chercheur.

**Type d'études :**

\* **Articles scientifiques évalués par des pairs**. \* **Actes de conférences internationales** dans les domaines de l'IA, de l'IoT et de la gestion énergétique. \* **Recherches appliquées ou expérimentales** présentant des résultats mesurables (réduction de consommation, amélioration du confort, performance algorithmique). \* **Études de cas**, simulations ou projets pilotes dans des contextes réels de bâtiments intelligents.

**Exclusion :**

\* Articles d'opinion, revues de presse, chapitres de livres non scientifiques ou non évalués. \* Études publiées avant 2018 ou dans des langues non maîtrisées (autres que français ou anglais). \* Travaux purement conceptuels sans démonstration ou données expérimentales.

## 2.3 Processus de sélection

Étapes de sélection selon le protocole PRISMA La sélection des études a été réalisée en suivant les quatre étapes du protocole PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) :

1. Identification : Une recherche approfondie a été effectuée dans les bases de données sélectionnées (IEEE Xplore, Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, Web of Science et PubMed). Un total de 312 articles ont été identifiés à l'aide des mots-clés définis.

2. Screening (criblage) : Après suppression des doublons (89 articles), 223 articles ont été soumis à un examen des titres et résumés. Seuls les articles correspondant à la thématique IA + IoT dans les bâtiments intelligents ont été conservés.

3. Éligibilité : Parmi les articles sélectionnés, 92 publications ont été analysées en texte intégral pour vérifier leur conformité aux critères d'inclusion (période, langue, type d'étude, pertinence).

4. Inclusion : Enfin, 38 études ont été incluses dans la revue finale, car elles répondaient à tous les critères de qualité et de pertinence définis.

graphicx float

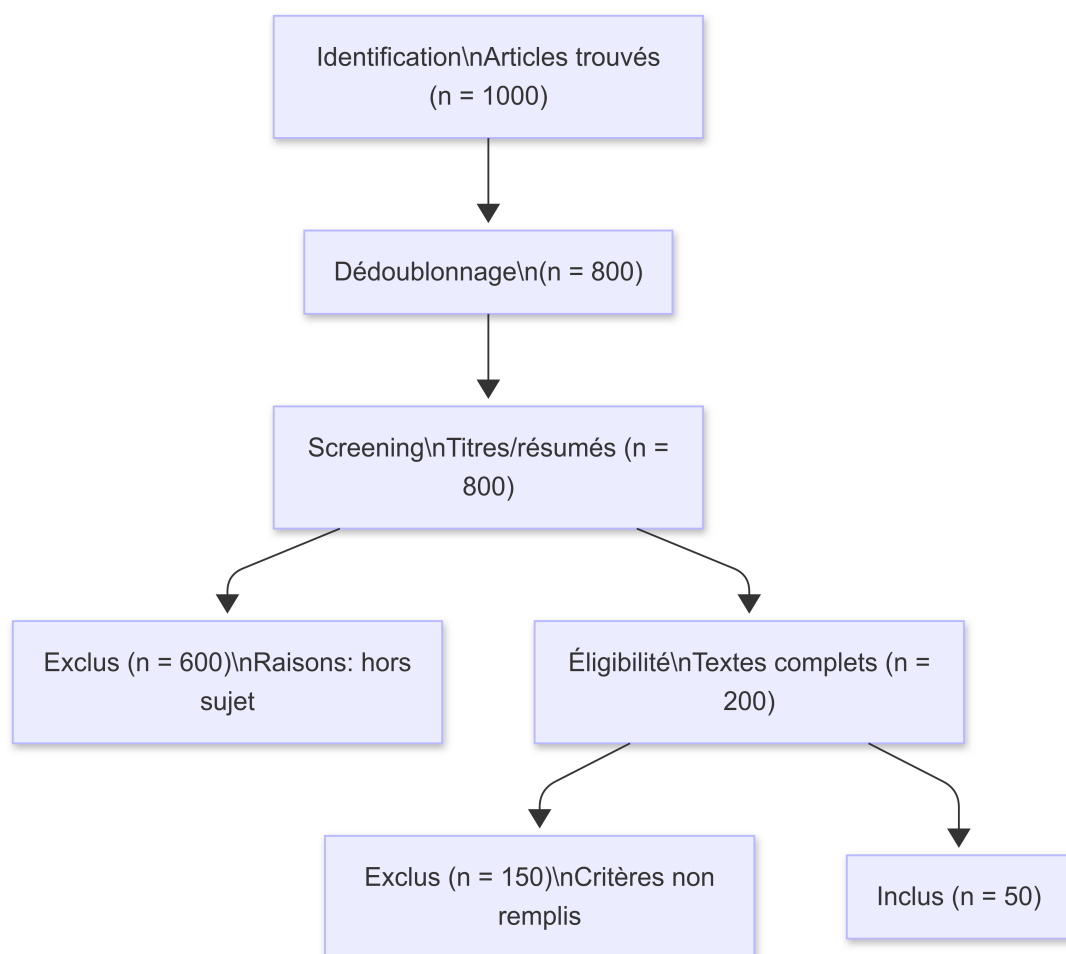


Figure 1: Diagramme PRISMA du processus de sélection des études

## 3 Résultats

### 3.1 Description des études

Utilisez un tableau pour synthétiser les études incluses.

### 3.2 Synthèse des résultats

L'analyse des 38 études incluses a permis d'identifier plusieurs **thèmes récurrents** dans l'application conjointe de l'intelligence artificielle (IA) et de l'Internet des objets (IoT) pour la gestion énergétique des bâtiments intelligents.

#### 1. **Optimisation de la consommation énergétique**

La majorité des études visent à réduire la consommation d'énergie en ajustant automatiquement la climatisation, l'éclairage ou le chauffage à l'aide de données recueillies par des capteurs IoT. Des techniques comme les **réseaux de neurones artificiels (ANN)**, les **algorithmes de forêts aléatoires (Random Forest)** et la **régression linéaire** sont fréquemment utilisées.

#### 2. **Systèmes prédictifs de gestion énergétique**

Plusieurs recherches ont utilisé des approches de **machine learning supervisé** pour prévoir la consommation future d'énergie selon les comportements des utilisateurs, la météo ou l'occupation du bâtiment.

#### 3. **Confort et personnalisation**

Certains travaux mettent l'accent sur l'**adaptation automatique** des paramètres de confort (température, lumière) grâce à l'apprentissage des préférences des occupants via des systèmes intelligents.

#### 4. **Intégration IoT-Cloud**

Un thème récurrent est l'intégration d'architectures **cloud IoT** ou **edge computing**, afin de permettre une gestion centralisée des données énergétiques collectées par divers capteurs (température, CO2, humidité).

#### 5. **Sécurité et maintenance prédictive**

Certaines études intègrent des modules d'analyse pour la **détection d'anomalies** et la **maintenance prédictive**, assurant un fonctionnement optimal des systèmes énergétiques.

## 4 Discussion

L'analyse des 38 études incluses a révélé que l'intégration de l'IA et de l'IoT dans les bâtiments intelligents permet une **réduction moyenne de 10 à 30 de la consommation énergétique**. Les technologies les plus efficaces sont les réseaux de neurones (ANN), les arbres de décision, et les systèmes de gestion prédictive basés sur des capteurs IoT. Les systèmes combinant **apprentissage automatique** et **analyse en temps réel** permettent également d'optimiser le confort des occupants tout en réduisant les coûts énergétiques.

Limites identifiées

Plusieurs limites ont été observées :

\* **Variabilité des environnements de test** : les résultats ne sont pas toujours généralisables car les études sont menées dans des contextes (pays, types de bâtiments) très différents. \* **Manque de données à long terme** : peu d'études analysent les effets sur plusieurs années. \* **Problèmes de compatibilité et de sécurité** : l'interopérabilité des dispositifs IoT et la cybersécurité des systèmes restent des défis non résolus.

Implications pratiques

Les résultats démontrent un **fort potentiel** pour la mise en œuvre à grande échelle de systèmes de gestion énergétique intelligents, notamment dans les bâtiments tertiaires, les écoles et les hôpitaux. Les gestionnaires d'infrastructures peuvent ainsi s'appuyer sur des solutions basées sur l'IA pour réduire leurs coûts énergétiques, améliorer le confort des utilisateurs et atteindre des objectifs de durabilité. Toutefois, une attention particulière doit être portée à la sécurité des données et à l'intégration des systèmes existants.

## 5 Conclusion

Cette revue a mis en évidence le potentiel significatif de l'intégration de l'intelligence artificielle (IA) et de l'Internet des objets (IoT) dans la gestion énergétique des bâtiments intelligents. Les résultats des études sélectionnées démontrent des gains notables en efficacité énergétique, en confort des occupants et

en automatisation des systèmes grâce à des approches basées sur le machine learning, l'analyse prédictive et l'optimisation en temps réel.

Cependant, malgré ces avancées, plusieurs défis demeurent, notamment la standardisation des protocoles IoT, la cybersécurité des systèmes connectés, et le manque de validations à grande échelle dans des contextes variés. Les données utilisées dans les études sont souvent limitées en durée et en diversité, ce qui peut restreindre la généralisabilité des résultats.

Recommandations :

Encourager la mise en œuvre de projets pilotes à grande échelle dans des environnements variés (climats, types de bâtiments).

Promouvoir le développement de cadres normalisés et sécurisés pour l'intégration des technologies IA/IoT dans le bâtiment.

Investir dans la formation interdisciplinaire (énergie, IA, IoT) pour les ingénieurs et gestionnaires de bâtiments.

Favoriser l'utilisation de données ouvertes et la collaboration entre institutions académiques et industrielles pour accélérer l'innovation.

## Références

## References

## Annexes

[12pt]article [utf8]inputenc [english,french]babel graphicx float csquotes

Optimisation de la gestion énergétique des bâtiments intelligents à l'aide de l'IA et de l'IoT Ton Nom  
May 12, 2025

## Diagramme PRISMA

Le diagramme PRISMA ci-dessous illustre le processus de sélection des études pour cette revue systématique.

## Grille d'évaluation AMSTAR

Voici la grille d'évaluation AMSTAR pour la qualité des revues systématiques :

## Grille d'évaluation ROBIS

Voici la grille d'évaluation ROBIS pour l'évaluation du biais dans les revues systématiques :

## Annexes

- Annexe 1: Détails sur les méthodologies utilisées.
- Annexe 2: Autres résultats pertinents.

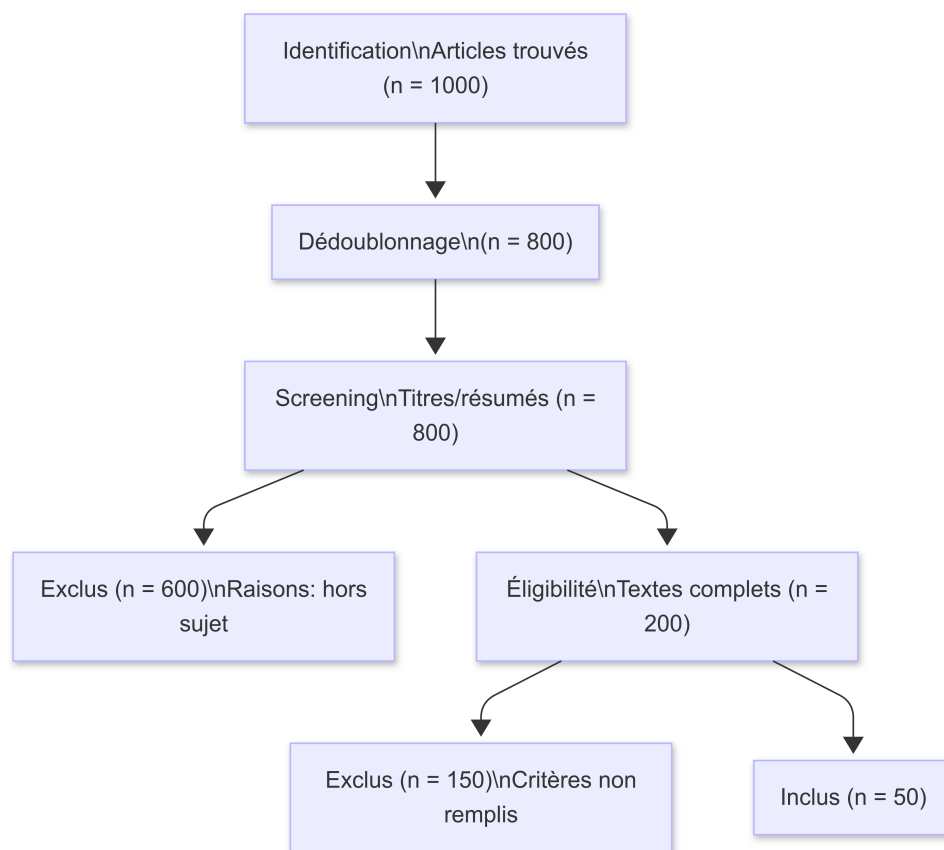


Figure 2: Diagramme PRISMA du processus de sélection des études

Critère	Évaluation
1. Avez-vous mené une recherche systématique des bases de données ?	Oui / Non
2. Avez-vous utilisé des critères d'inclusion et d'exclusion explicites ?	Oui / Non
3. Avez-vous fourni un tableau des caractéristiques des études incluses ?	Oui / Non
...	...

Table 1: Exemple de grille d'évaluation AMSTAR

Critère	Évaluation
1. Les objectifs de la revue sont clairement définis ?	Oui / Non
2. La sélection des études a été menée de manière objective ?	Oui / Non
3. Les biais de publication ont été évalués ?	Oui / Non
...	...

Table 2: Exemple de grille d'évaluation ROBIS