

## Evaluation of the global warming impact on the cooling demand in buildings worldwide

**Auteur :** Verheyden, Antoine

**Promoteur(s) :** Lemort, Vincent

**Faculté :** Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme :** Master : ingénieur civil en génie de l'énergie à finalité spécialisée en Energy Conversion

**Année académique :** 2024-2025

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/23353>

---

### *Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---



---

# **Evaluation of the global warming impact on the cooling demand in buildings worldwide**

---

Abstract of the Master's thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Civil Engineer in Energy, with a specialisation in Energy Conversion, by Antoine Verheyden

University of Liège - Faculty of Applied Sciences

*Promoter:*  
LEMORT Vincent

*Supervisor:*  
ZEOLI Alanis

*Jury:*  
LEMORT Vincent  
ZEOLI Alanis  
GENDEBIEN Samuel  
ANDRE Philippe

Academic year 2024 - 2025

# Abstract

According to forecast statistics of the United Nations, the global population is expected to grow from 8.2 to 9.7 billion by 2050 and could approach 11 billion by 2100. The number of buildings and habitations is therefore expected to increase proportionally to the population growth. In the European Union, buildings account for 40% of the energy consumption and 36% of the greenhouse gas emissions, with HVAC systems being the biggest contributors. In the actual context of global warming, by the end of the 21<sup>st</sup> century, the global air temperature is predicted to increase up to 4.8K if global warming issues are not handled carefully regarding the greenhouse gas emissions. As a result, cooling is expected to become the fastest-increasing energy-consuming technology in buildings, making it a key focus for efforts to limit further global warming.

This thesis investigates the impact of global warming on the cooling demand of residential buildings worldwide. A dynamic thermal model was developed and validated to simulate the hourly indoor temperature and cooling loads under various climate conditions. Typical Meteorological Year (TMY) data for present (2001–2020) and future (2041–2060) periods were used to assess the evolution of cooling needs in multiple representative cities across different climate zones.

The results reveal a clear and consistent increase in cooling demand, particularly in regions already subject to warm or humid climates. Increases range from +15% to over +60% depending on the city. A sensitivity analysis was conducted to identify the most influential parameters on indoor temperature, such as solar gains, insulation levels, and internal heat sources. The simulation model was validated using real data from monitored test houses, achieving strong statistical accuracy.

In addition, several passive cooling strategies were tested in the model to assess their potential to reduce future cooling loads. Among these strategies were window shading, thermal mass enhancement using concrete layers, phase change materials (PCM), and night-time ventilation. These measures showed significant capacity to reduce future cooling loads, with combined reductions reaching up to 99% in some cases. However, their effectiveness varied by climate, underlining the need for context-specific design strategies.

This study emphasises the importance of anticipating future energy needs and rethinking building design in a warming world. While passive and active cooling solutions offer promising paths, long-term sustainability will also depend on broader changes in energy consumption behaviours and in the way our cities are designed and organised. Urban layout, building density, green spaces, and materials used play a key role in shaping the thermal performance and energy needs of buildings.

## Résumé

Selon les prévisions des Nations Unies, la population mondiale devrait passer de 8,2 à 9,7 milliards d'habitants d'ici 2050, et pourrait approcher les 11 milliards d'ici 2100. Le nombre de bâtiments et d'habitations devrait donc augmenter proportionnellement à cette croissance démographique. Dans l'Union européenne, le secteur du bâtiment représente 40% de la consommation énergétique et 36% des émissions de gaz à effet de serre, les systèmes CVC (chauffage, ventilation, climatisation) étant les principaux contributeurs. Dans le contexte actuel de réchauffement climatique, la température de l'air à l'échelle mondiale pourrait augmenter jusqu'à 4,8K d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle si les émissions de gaz à effet de serre ne sont pas rigoureusement maîtrisées. En conséquence, le refroidissement est appelé à devenir la technologie à la consommation énergétique la plus grande dans les bâtiments, ce qui en fait un levier majeur dans la lutte contre le changement climatique.

Ce mémoire étudie l'impact du réchauffement climatique sur la demande de refroidissement des bâtiments résidentiels à l'échelle mondiale. Un modèle thermique dynamique a été développé et validé afin de simuler, heure par heure, la température intérieure et les charges de refroidissement sous différentes conditions climatiques. Des données météorologiques de type TMY (Typical Meteorological Year), pour les périodes actuelle (2001–2020) et future (2041–2060), ont été utilisées afin d'évaluer l'évolution des besoins de refroidissement dans plusieurs villes représentatives de différentes zones climatiques.

Les résultats montrent une augmentation claire et constante de la demande de refroidissement, en particulier dans les régions déjà soumises à des climats chauds ou humides. Les hausses varient de +15% à plus de +60% selon les villes. Une analyse de sensibilité a été menée pour identifier les paramètres ayant le plus d'influence sur la température intérieure, tels que les apports solaires, le niveau d'isolation et les gains de chaleur internes. Le modèle de simulation a été validé à l'aide de données réelles issues de maisons tests instrumentées, avec une précision statistique satisfaisante.

Par ailleurs, plusieurs stratégies de refroidissement passif ont été testées dans le modèle pour évaluer leur potentiel de réduction des charges de refroidissement futures. Parmi ces techniques figuraient l'ombrage des fenêtres, le renforcement de l'inertie thermique à l'aide de couches de béton, l'utilisation de matériaux à changement de phase (PCM), ainsi que la ventilation nocturne. Ces mesures ont démontré une capacité significative à réduire la demande, avec des réductions combinées atteignant jusqu'à 99% dans certains cas. Toutefois, leur efficacité varie selon le climat, soulignant la nécessité d'approches de conception adaptées au contexte local.

Cette étude met en évidence l'importance d'anticiper les besoins énergétiques futurs et de repenser la conception des bâtiments dans un monde en réchauffement. Bien que les solutions de refroidissement passif et actif offrent des perspectives prometteuses, la durabilité à long terme dépendra également de changements plus larges dans les comportements de consommation énergétique et dans la manière dont nos villes sont conçues et organisées. La structure urbaine, la densité bâtie, les espaces verts et les matériaux utilisés jouent tous un rôle clé dans les performances thermiques et les besoins énergétiques des bâtiments.