



AVIS DE SOUTENANCE THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Mr: YOUNESS EL FOUIH

Spécialité : Génie énergétique

Sujet de la thèse : Solutions d'efficacité énergétique dans le bâtiment au Maroc : Situation, approches et méthodes d'analyses.

Formation Doctorale : Sciences de l'ingénieur Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique.

Thèse présentée et soutenue le vendredi 20 décembre 2019 à 10h au centre de conférence devant le jury composé de :

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Jamal BELAKDID	PES	Université Sidi Mohamed Ben Abdellah	Président
Miloud RAHMOUN	PES	Université Moulay Ismail	Rapporteur
Kamar OUZZANI	PES	Université Sidi Mohamed Ben Abdellah	Rapporteur
Rachid SAADANI	PH	Université Moulay Ismail	Rapporteur
Abdelali DEROUICHE	PES	Université Hassan II	Examineur
Abdelmajid JAMIL	PES	Université Sidi Mohamed Ben Abdellah	Directeurs de thèse
Youssef MOURAD	PES	Université Sidi Mohamed Ben Abdellah	

Laboratoire d'accueil : Laboratoire Transmission et Traitement de l'Information.

Etablissement : Ecole Supérieure de Technologie de Fès.



Titre de la thèse : Solutions d'efficacité énergétique dans le bâtiment au Maroc : Situation, approches et méthodes d'analyses

Nom du candidat : Youness EL FOUH

Spécialité : Génie Énergétique

Résumé de la thèse

Le secteur du bâtiment est le deuxième plus grande consommation d'énergie qui connaît une croissance soutenue partout dans le monde. En vue de pouvoir maîtriser cette consommation et lisser cette tendance haussière, plusieurs pays ont adopté différentes politiques énergétiques et mesures réglementaires imposants des exigences techniques pour la construction ou la rénovation des bâtiments. De son côté, le Maroc a adopté depuis 2014 le Règlement thermique de Construction au Maroc (RTCM) qui consiste en un ensemble d'exigences relatives à l'enveloppe du bâtiment que les nouvelles constructions doivent respecter. Ce travail vise à mettre en exergue la situation de la consommation d'énergie de ce secteur à travers le monde, évaluer quelques approches réglementaires et stratégiques développées par plusieurs pays, et proposer des méthodes d'analyse des solutions d'efficacité énergétique qu'elles soient passives ou actives.

Dans ce cadre, plusieurs solutions passives, principalement les systèmes d'isolation thermique, ont été répertoriés. Cette première évaluation qualitative facilitera le choix des matériaux à utiliser en prenant en considération les caractéristiques techniques des produits selon les contraintes du projet. En vue d'améliorer cette démarche qualitative, une évaluation multicritère des isolants a été proposée afin de pouvoir comparer plusieurs solutions possibles et les trier selon des critères bien définis. Cette approche peut converger vers un outil d'aide à la décision global qui pourra aider l'ensemble des intervenants du secteur du bâtiment à faire des choix optimaux et adaptés à leurs projets.

Selon la même approche des solutions actives, systèmes de chauffage et rafraîchissement, ont été aussi répertoriés et évalués qualitativement. La solution de l'échangeur air/sol (Puits Canadien) a été étudiée en détail. Une modélisation thermique de la solution a été réalisée et plusieurs simulations dynamiques de la solution appliquée à une villa à Casablanca ont été menées à l'aide du logiciel TRNSYS. En guise d'étude de cas, une simulation thermique dynamique a été réalisée pour une école primaire dans la région d'Errachidia. Un autre modèle thermique, plus développé et qui a été expérimentalement vérifié, est utilisé pour comparer les performances énergétiques de l'échangeur air/sol avec d'autres solutions de rafraîchissement classiques. Cette comparaison a pris en considération le coût d'investissement, les économies d'énergie et les coûts d'exploitation rapporté au m³ d'air conditionné (chauffé ou rafraîchi). Grâce à cette approche, qui peut être appliquée à d'autres solutions d'efficacité énergétique, le choix et la hiérarchisation des solutions deviennent plus optimale et économiquement justifiable.

Pour compléter la vision globale des approches proposées, une partie de la présente thèse a été dédiée à l'audit énergétique de deux mosquées à Marrakech. L'objectif étant de proposer des solutions d'efficacité énergétique et d'en suivre les performances après leur installation pendant une période de deux ans. Les économies d'énergie calculées ont dépassé pendant plusieurs mois 90% de la facture électrique. Ces actions étant répliquables dans d'autres mosquées, une réflexion a été menée pour développer un standard ou label des mosquées durables prenant en compte en plus du volet énergie, la gestion de l'eau, confort thermique et acoustique, utilisation des énergies renouvelables et impact sur l'environnement, etc..

Mots clés : Règlement thermique RTCM, Efficacité énergétique, Solutions passives et actives, Evaluation multicritère des isolants, Echangeur air/sol, Audit énergétique, Mosquées durables