

RESUME

Cette thèse présente les résultats des recherches sur la modélisation et la simulation d'un système de rafraîchissement solaire au Maroc dans le cadre du projet PRSM (Procédés de Rafraîchissement Solaire au Maroc) financé par l'IRESEN (Institut de Recherche en Energie Solaire et Energies Nouvelles). L'objectif est d'étudier les facteurs concernant l'optimisation d'une machine à absorption solaire (LiBr-H₂O) sous les conditions marocaines. De plus, un certain nombre de critères de conception, qui peuvent être utilisés par les concepteurs de systèmes de climatisation et de chauffage solaires, ont été établis en tenant compte de considérations énergétiques et économiques. En conséquence, cette thèse couvre quatre aspects. Le premier aspect présente un aperçu de recherche bibliographique sur les technologies solaires, en mettant l'accent sur les systèmes du froid solaire, les processus pertinents existants, l'état du marché, les développements récents des technologies les plus prometteuses et les principaux indicateurs de performance qui figurent dans la littérature. De plus, l'aspect expérimental de l'installation de climatisation solaire adopté dans le projet RPSM a été décrit pour identifier les caractéristiques techniques importantes de l'installation et les difficultés rencontrées lors de la réalisation du prototype. La deuxième dimension concerne la faisabilité technique d'un système de climatisation solaire en se basant sur des indicateurs énergétiques et économiques et prenant en compte les effets combinés des climats, des catégories de bâtiments et des besoins en climatisation dans les conditions marocaines. Le troisième aspect présente le stockage latent de l'énergie thermique utilisant les matériaux à changement de phase (MCPs). Il porte sur l'étude des méthodes numériques utilisées dans la modélisation des phénomènes de changement de phase et se concentre également sur l'ajout des MCPs dans le système de climatisation solaire intégré à l'intérieur du ballon solaire connecté au générateur de la machine à absorption pour évaluer l'amélioration possible du rendement du système. Le quatrième volet de cette thèse présente l'analyse technico-économique et de sensibilité appliquée au développement d'un procédé solaire combiné d'ECS, chauffage et climatisation au Maroc. L'analyse globale via une généralisation des résultats au niveau national a été réalisée en complément d'une analyse de sensibilité liée à l'investissement dans ces systèmes afin d'évaluer le potentiel de remplacement des technologies traditionnelles par les systèmes solaires et les gains éventuels liés à leur implantation au Maroc.

Mots clés : Energie solaire ; Chauffe-eau solaire; Climatisation solaire; Machine à absorption; Stockage d'énergie thermique; MCP; Modélisation numérique; CFD; Optimisation ; Maroc.

ABSTRACT

This thesis reports the results of research into the modeling and simulation of a solar air-conditioning system for Morocco in the framework of the project SCPM (Solar Cooling Process in Morocco) funded by IRESEN (Research Institute for Solar Energy and New Energies). The aim is to investigate the factors concerning the optimization of a LiBr-H₂O solar absorption chiller under Moroccan conditions. Further, a number of design criteria, which can be used by designers of solar cooling and heating systems, have been established using energy and economic considerations. Accordingly, this thesis covers four aspects. The first overviews the literature survey on solar technologies with a focus on solar cooling systems which reports the relevant processes, summarizes the market status, presents the recent developments of the most promising technologies and describes the main performance indicators figuring in the literature. Moreover, the experimental aspect of the solar air-conditioning installation adopted in the SCPM project was described to identify the important technical characteristics of the installation and the difficulties encountered during the realization of the prototype. The second dimension concerns the technical feasibility of solar air-conditioning system using energy and economic indicators taking into account the combined effects of climates, building categories and cooling demands under Moroccan conditions. The third aspect presents the latent thermal energy storage using Phase Change Materials (PCMs). It concerns the investigation of numerical methods used in the modeling of phase change phenomena and also focuses on PCMs addition in the solar cooling process integrated inside solar storage tank connected to the generator of the absorption chiller to evaluate the possible enhancement in the system efficiency. The fourth aspect of this thesis outlines the technico-economic and sensitivity analysis applied to the development of a combined processes of solar DHW, heating and air-conditioning in Morocco. The overall analysis via a generalization of the results to the national level was carried out in addition to a sensitivity analysis related to the investment in these systems in order to assess the potential of replacing traditional technologies with the solar systems and the possible earnings related to their implementation in Morocco.

Keywords: Solar energy; Solar water heaters; Solar air-conditioning; Absorption chiller; Thermal energy storage; PCM; Numerical modeling; CFD; Optimization; Morocco.

