

## ANALYSE DE L'EFFET DE LA QUALITE CONSTRUCTIVE ET DE L'ORIENTATION SUR LA CONSOMMATION ENERGETIQUE DES BATIMENTS AU NORD DU MAROC

S. BABBAH<sup>1</sup>, I.R. MAESTRE<sup>2</sup>, A. DRAOUT<sup>1</sup>, P. CUBILLAS<sup>2</sup>, F.J.G. GALLERO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Energétique – Equipe des Transferts Thermiques et Energétique (ETTE) – FST de Tanger – BP 416 – Tanger (Maroc)

<sup>2</sup> Grupo para la Calidad de las Instalaciones Térmicas (TEP221) – Escuela Politécnica Superior de Algeciras – Universidad de Cadiz (UCA) – (Espagne)  
[babbahsomia@yahoo.fr](mailto:babbahsomia@yahoo.fr) ; [ismael.maestre@uca.es](mailto:ismael.maestre@uca.es)

### RESUME

La majorité des bâtiments existant au nord du Maroc ont une construction mal adaptée au climat de la région. Ceci a pour résultats une forte consommation énergétique en hiver et en été ce qui n'est pas souhaitable économiquement et il a un impact négatif sur l'environnement. L'objectif visé dans le cadre de ce travail est l'obtention d'un niveau de confort thermique avec une consommation énergétique réduite en analysant les influences de la qualité constructive et de l'orientation du bâtiment sur ses besoins énergétiques. Pour cela, nous avons procédé à la description et l'analyse de différents types de bâtiments de la région du nord du Maroc. Ceci nous a permis de dégager certains types de logements représentatifs de point de vue des matériaux de construction utilisés et de la typologie.

### 1. INTRODUCTION

Le Maroc est confronté à une forte contrainte énergétique due à sa quasi dépendance (**plus de 97%**) de l'extérieur pour son approvisionnement. Le secteur de l'habitat (résidentiel et tertiaire) représente plus de **25%** de la consommation nationale marocaine en énergie et émet **30%** des Gaz à Effet de Serre responsable du réchauffement du climat planétaire. Ces chiffres ont tendance à augmenter à cause des développements urbain et industriel que connaît le Maroc ces dernières années. Il est par conséquent indispensable de réduire la consommation de l'énergie à travers l'amélioration de l'efficacité énergétique notamment dans le secteur du bâtiment.

L'étude présentée dans ce travail constitue les résultats obtenus dans le cadre du projet de recherche commun (PCI) : « *Caractérisation de la demande énergétique des bâtiments au Nord du Maroc* » (A/3047/05) financé par l'Agence Espagnole de Coopération Internationale (AECI) en 2006 et 2007. Un des objectifs principaux de ce projet était de faire des propositions concrètes pour une éventuelle future législation marocaine pour la thermique des bâtiments. Ainsi, notre objectif consiste à chercher à l'aide des simulations numériques les moyens simples pour assurer un niveau de confort thermique acceptable avec une consommation énergétique réduite en étudiant l'influence de l'enveloppe et de l'orientation du bâtiment sur sa consommation énergétique. Dans cette étude, les simulations ont été effectuées sur deux types différents de constructions des bâtiments les plus utilisés au Nord du Maroc. Nos simulations numériques ont été réalisées à l'aide du logiciel eQUEST basé sur le moteur de calcul DOE2.2. [1, 3, 4, 5]. Avant d'effectuer ces simulations, nous avons d'abord réalisé une base des données climatiques de notre région d'étude.

### 2. CARACTERISATION CLIMATIQUE

#### 2.1. Constitutions des données météorologiques

Dans notre étude, comme étape préliminaire nous nous sommes limités à caractériser le climat des principales villes du nord du Maroc : Tanger, Tétouan, Nador et Chaouen. Ce choix est dû essentiellement à la population importante de ces villes. Nous disposons seulement des données météorologiques expérimentales de la ville de Tanger (des années 2003, 2004, 2005 et 2006) que nous avons obtenues par nos propres enregistreurs installés à la station météorologique de l'aéroport de Tanger. Pour les autres villes, nous avons décidé de générer des années synthétiques à partir des données proportionnelles de la NASA Surface Meteorology and Solar Energy, disponibles sur le site web : <http://eosweb.larc.gov/sse/> .

## 2.2. Classifications des zones climatiques

La différenciation des zones climatiques a été réalisée en calculant la sévérité climatique de l'hiver et de l'été pour chacune des zones géographiques étudiée. La sévérité climatique d'une région est le quotient entre la demande énergétique d'un bâtiment dans cette région, et la correspondante pour le même bâtiment dans une région de référence. Pour notre étude, nous avons choisi la ville de Madrid comme référence. Nous avons défini alors une sévérité climatique pour l'été et une autre pour l'hiver, et nous avons combiné les Degrés-Jour et la radiation solaire de la région, de façon à montrer que quand deux régions ont la même sévérité climatique de l'hiver ( $SC_h$ ), la demande énergétique de chauffage d'un même bâtiment situé dans ces deux régions est sensiblement égale. Ceci est aussi applicable pour la sévérité climatique de l'été ( $SC_e$ ) c'est-à-dire en cas de réfrigération du bâtiment.

## 3. DESCRIPTIONS DES LOGEMENTS ETUDIÉS

Nous avons choisi une construction typique considérée comme la plus répandue dans la région du Nord du Maroc [7].

### 3.1. Bâtiment Type 1 (Bat1) :

Il s'agit d'une maison individuelle constituée de quatre niveaux (rez de chaussée plus 3 étages) (*voir figure 1-a*) qui a la distribution suivante :

- Le rez-de-chaussée d'une superficie de 146 m<sup>2</sup> est destiné pour usage commercial.
- Le premier, le deuxième et le troisième étage ont la même superficie de 140 m<sup>2</sup> et sont destinés à l'habitation. Ils sont constitués de plusieurs chambres, de salons, cuisine, salle de bain et WC.

### 3.2. Bâtiment Type 2 (Bat2) :

Il concerne un immeuble de dix niveaux (rez de chaussée + 9 étages) (*voir figure 1-b*) réservé à l'habitation et dont les étages ont la même distribution que ceux du premier type avec une superficie de 140m<sup>2</sup> pour chaque étage.

La hauteur des étages est de 3 mètres pour les deux types de bâtiment dont les appartements ont une occupation moyenne de 6 personnes par logement.

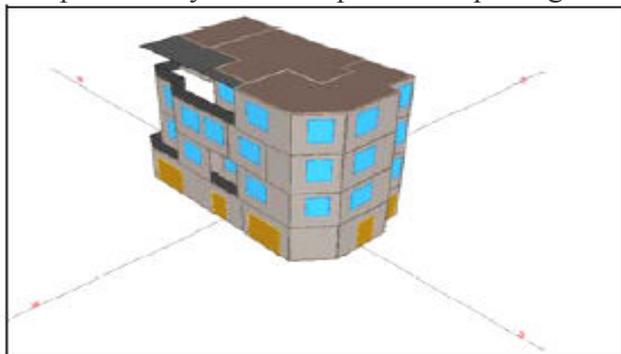


Figure 1a : Vue en 3D du bâtiment à 4 étages

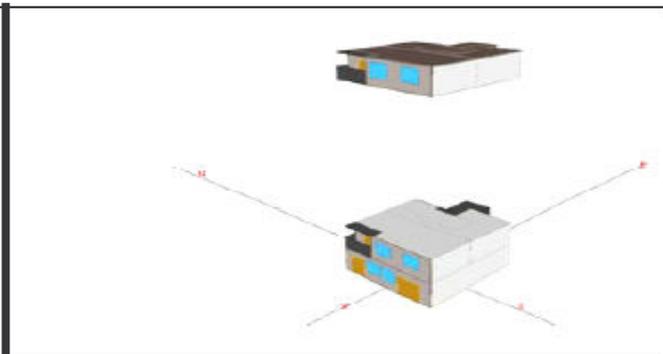


Figure 1b : Vue en 3D de l'immeuble à 10 étages

#### 4. COMPOSITIONS DES PAROIS DES BÂTIMENTS

L'enveloppe du bâtiment joue un rôle de séparation thermique entre les ambiances intérieure et extérieure et elle intervient aussi pour le stockage de la chaleur et comme distributeur de cette dernière à l'air intérieur et extérieur. Nous avons constitué une base de données des différentes caractéristiques thermophysiques des différents matériaux de construction les plus utilisés dans le bâtiment au nord du Maroc [2, 6].

La composition des différentes parois utilisées pour les deux types de bâtiments de références est présentée dans le tableau suivant (*tableau 1*) :

<i>Types de parois</i>	<i>Matériaux</i>	<i>Epaisseur (m)</i>
<b>Murs Extérieurs</b>	Enduit Ciment	0,015
	Brique Rouge	0,075
	Lame d'air	0,01
	Brique Rouge	0,075
	Enduit Ciment	0,015
<b>Murs Intérieurs</b>	Enduit Ciment	0,01
	Brique Rouge	0,075
	Enduit Ciment	0,01
<b>Planchers</b>	Pierre	0,1
	Béton	0,2
	Enduit Ciment	0,05
	Carrelage	0,004
<b>Toitures</b>	Carrelage	0,004
	Enduit Ciment	0,015
	Béton	0,2
	Brique Rouge	0,075
	Enduit Ciment	0,015

**Tableau 1 : Composition des parois des deux types des bâtiments de références.**

Nous avons utilisé pour les bâtiments de références un vitrage simple. Pour les parois opaques, nous avons considéré les variantes les plus utilisées dans le secteur de construction des bâtiments au Maroc avec l'incorporation d'un élément isolant de (5 cm puis 10 cm) dans toutes les parois opaques, à savoir les murs extérieurs et intérieurs, le plancher et la toiture pour pouvoir réaliser les différentes variantes possibles de leurs compositions.

#### 5. RESULTATS

Dans notre étude, nous avons choisi de montrer une série de graphiques qui illustrent l'influence de certains paramètres d'intérêt dans le comportement de l'ensemble *bâtiment/système*. Nous nous limitons dans cette présentation à l'analyse des influences des matériaux de constructions et de l'orientation pour chaque zone climatique du nord du Maroc sur la consommation de l'énergie finale c'est-à-dire sur les valeurs maximales de chauffage (en hiver) et de réfrigération (en été).

##### 5.1. Influence de la qualité des matériaux de construction :

Le tableau 2 présente les différents cas de qualité constructive (compositions des différentes parois) étudiées. Dans les figures 2 et 3 suivantes nous présentons la variation de la consommation d'énergie finale en (KWh/m<sup>2</sup>/année) et les valeurs maximales consommées par le chauffage et la réfrigération (W/m<sup>2</sup>) en fonction du changement de la qualité constructive des parois des bâtiment (Murs extérieurs, Planchers et Toitures) .

« Cas » du bâtiment de Type 1	« Cas » du bâtiment de Type 2	Qualité constructive des parois des bâtiments (Murs extérieurs, Planchers et Toitures)
11	21	Composition des parois de référence de chaque bâtiment ( <i>sans isolation</i> )
12	22	Incorporation de <u>5 cm d'isolation</u> dans la composition des parois de référence de chaque bâtiment
13	23	Incorporation de <u>5 cm d'isolation</u> dans la composition des parois de référence de chaque bâtiments + <u>vitrage double</u>
14	24	Incorporation de <u>10 cm d'isolation</u> dans la composition des parois de référence de chaque bâtiment
15	25	Incorporation de <u>10 cm d'isolation</u> dans la composition des parois de référence de chaque bâtiments + <u>vitrage double</u>

Tableau 2 : Différents cas de qualité constructive étudiés (voir figures 2 et 3).

Lors de la modification de la qualité constructive (incorporation de l'isolant dans les parois opaques des bâtiments : Murs, Planchers et Toitures), nous observons que la variation de l'énergie finale est moins accentuée que les valeurs maximales consommées par le chauffage et la réfrigération. Ceci montre le fait que l'amélioration de la qualité constructive (Murs, plafonds, planchers, fenêtres) qui donne un apport positif pour le régime de chauffage, a un apport négatif pour le régime de réfrigération et inversement. En effet, quand on augmente l'isolation, on réduit les besoins en chauffage et on augmente la consommation pour la réfrigération.

Comme la consommation totale par an des bâtiments n'est pas tellement dépendante de cette qualité constructive (incorporation de l'isolant de 5 cm et de 10 cm), la composition des parois des deux types des bâtiments de références reste la plus adéquate (10 cm de la lame d'air) avec un minimum du coût économique dans la construction.

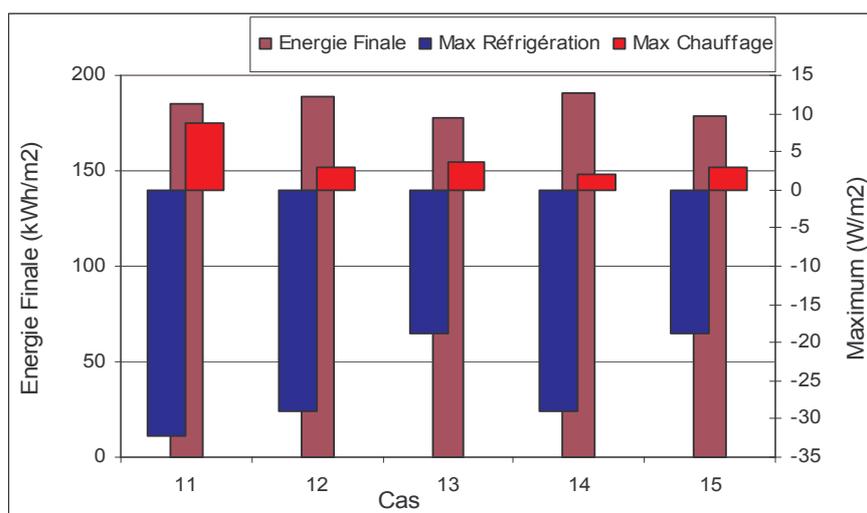
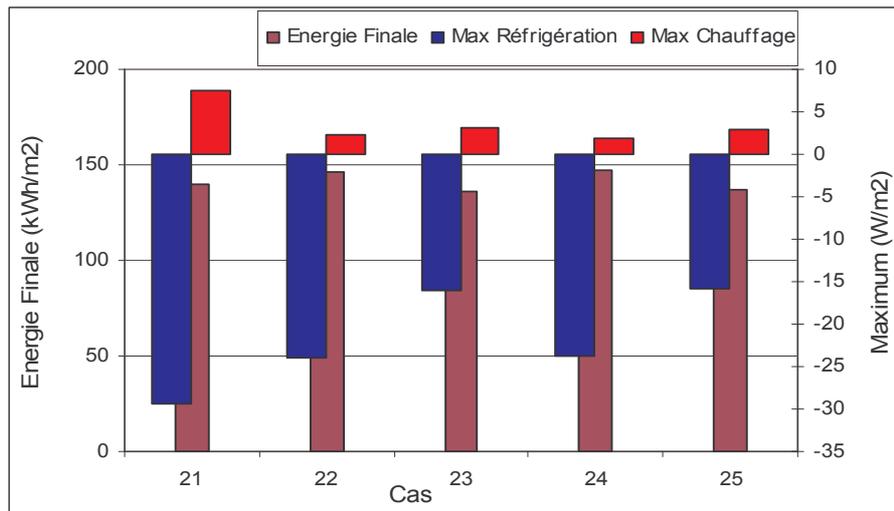


Figure 2 : Variation de l'énergie finale et des valeurs maximales des besoins du chauffage et de la réfrigération en fonction de la qualité constructive des parois pour le Bâtiment de type 1.



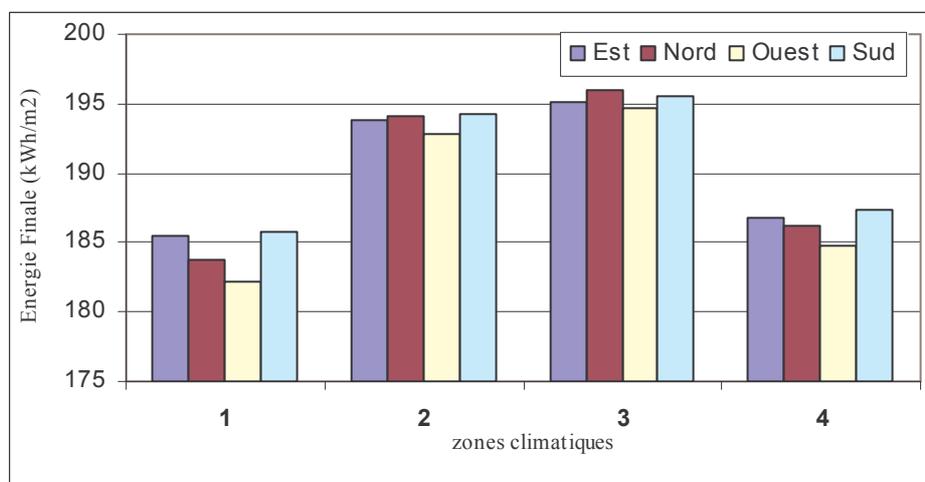
**Figure 3 : Variation de l'énergie finale et des valeurs maximales du chauffage et de la réfrigération en fonction de la qualité constructive des parois pour le Bâtiment de type 2.**

### 5.2. Influence de l'orientation des bâtiments :

Les zones climatiques que nous avons présentées sont les zones 1, 2, 3 et 4 qui représentent les principales villes du Nord du Maroc à savoir Tanger, Tétouan, Chaouen et Nador.

Dans le cas du bâtiment du type 1, les variations de la consommation d'énergie finale en fonction de l'orientation du bâtiment du Nord, Sud, à l'Est et l'Ouest, nous montrent clairement que pour toutes les orientations, nous pourrions prédire à économiser de l'énergie par rapport à l'orientation de référence (cas Nord). Cependant, cette économie ne s'avère pas significative (**figures 4**).

Toutefois, dans le cas du bâtiment 2, les orientations « *Est* » et « *Ouest* » présentent (pour toutes les zones climatiques) une réduction considérable de la consommation de l'énergie finale avec des économies variant de 6,56% (orientation Ouest en zone climatique 2) à 9,44% (orientation Ouest en zone climatique 1). L'économie de l'énergie obtenue est due principalement à la réduction de la consommation de réfrigération due au climat tempéré par la méditerranée pendant la période estivale.



**Figure 4 : Variation de l'énergie finale en fonction de l'orientation pour chaque zone climatique (bâtiment type 1)**

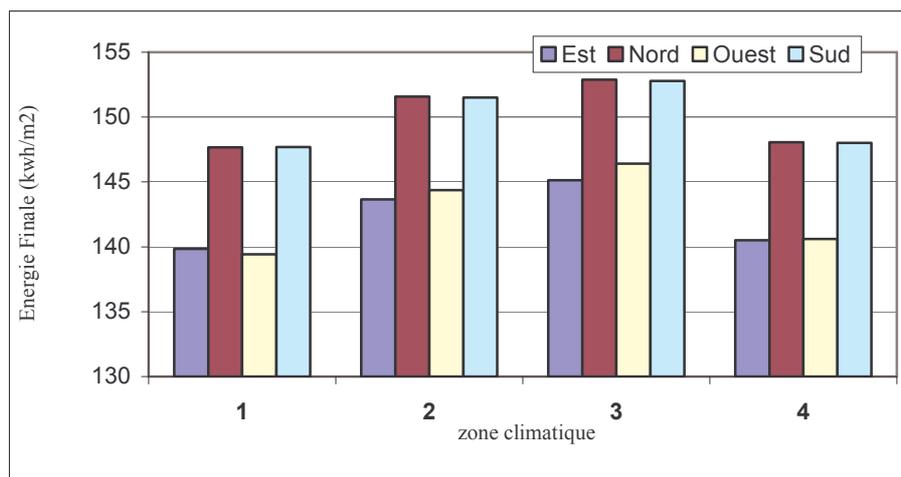


Figure 5 : Variation de l'énergie finale en fonction de l'orientation pour chaque zone climatique (bâtiment type 2)

## 6. CONCLUSIONS

En ce qui concerne la qualité thermique des matériaux de constructions des bâtiments étudiés, il pourrait être assuré que la consommation énergétique est peu influencée par l'amélioration de cette qualité. Fondamentalement due au fait qu'on s'est basé sur une situation de qualité thermique acceptable.

Il est bien connu que l'orientation des constructions joue un rôle important dans leur consommation de l'énergie. Ainsi, cette consommation dépend principalement de la typologie constructive de la façade, de son vitrage, etc. Et pour conclure, nous dirons que le résultat de notre étude a mis en évidence les aspects qui ont un impact important sur la consommation énergétique des bâtiments. Alors que pour les orientations favorables, nous pourrions obtenir une économie d'énergie finale proche de 10%, dans les cas où on a la surface vitrée totale assez importante.

## 7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **ASHRAE Standard 90.1-2004**: "Energy Standard for Buildings except Low-Rise Residential Buildings, SI Edition". American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Atlanta, GA.
  2. **A. El Bakkouri**, « Caractéristique thermophysique et mécanique de quelques matériaux locaux utilisés dans l'isolation et la construction au Maroc: Le plâtre, le liège et la brique creuse. *Thèse de 3ème Cycle*, Faculté des Sciences, Tétouan, Maroc, 1999.
  3. Hirsch.J.J. & Associates. *eQuest (Quick energy analysis simulation tool)*. Version 3.52. California 2004. Disponible en <http://www.doe2.com>.
  4. **J. Harry, Jr. Sauer, et al**, "Principles of heating ventilating and air conditioning", 2001.
  5. **J.J. Hirsch & Associates**, *DOE-2.2. Building Energy Use and Cost Analysis Program* – Volume1: Basic, Volume2: Dictionary and Volume 3: Topics Lawrence Berkeley National Laboratory.
  6. «*Réglementation Thermique 2000*», Centre Scientifique et Technique du bâtiment, 2000.
  7. **S. Babbah, A. Draoui, Ch. Menezo, R. Yezou, J. Benabdelouahab**, « Evaluation Energétique des Bâtiments au Nord du Maroc ». *11ème JITH, 16-18 novembre 2005*, Tanger, Maroc.
- Site web : <http://eosweb.larc.gov/sse/>.

### Remerciements :

Les auteurs tiennent à remercier l'AECI (Agence Espagnole de Coopération Internationale) qui a financé ce projet de recherche pour les années 2006 et 2007.