

**Agence Nationale pour le Développement
des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique**

RÈGLEMENT THERMIQUE
DE CONSTRUCTION
AU MAROC (RTCM)

Sommaire exécutif

Développé par l'ADEREE comme un outil de présentation du Règlement Thermique de Construction, ce document est notamment destiné aux professionnels du bâtiment, travaillant sur des constructions à usage résidentiel ou tertiaire (**santé, tourisme, enseignement, administration et commerce**).

Ce guide présente les exigences techniques du nouveau Règlement Thermique de Construction au Maroc, développé dans le cadre du projet de code d'efficacité énergétique dans le bâtiment. Ce code est axé sur deux volets, un volet passif relatif aux exigences de performance énergétique de l'enveloppe (isolation thermique des parois, orientation, matériaux de construction), et un volet actif (éclairage, climatisation, chauffage, ventilation et équipements électroménagers).

Pour une application optimale du Règlement Thermique de Construction au Maroc, ce document présente également **la première carte de zonage climatique du Maroc**, avec les **six zones identifiées**.

Deux approches sont définies et détaillées dans ce document. Une **approche performancielle**, pour laquelle les niveaux sont exprimés en termes de besoins spécifiques annuels de chauffage et de climatisation, **en kWh/m²/an**, par rapport à des températures intérieures de référence. Une deuxième **approche dite prescriptive** vient compléter la première, où les niveaux sont exprimés, pour chaque type de bâtiments et chaque zone climatique, sous forme de coefficients maximaux de transmission thermique (**U en W/m².K**) des murs, de la toiture, des planchers bas et de facteurs solaires (**FS des fenêtres**), en fonction du rapport de la surface des ouvertures vitrées à la surface brute de la façade.

Les impacts sociaux, économiques, énergétiques et environnementaux attendus de ce règlement thermique sont présentés et détaillés selon chaque zone climatique et pour chaque type de bâtiment.

TABLE DES MATIÈRES

Préface 7

Règlement Thermique de Construction au Maroc 7

Efficacité énergétique des systèmes actifs dans le bâtiment 7

Introduction 10

Secteur du bâtiment: des enjeux énergétiques mondiaux et régionaux importants 10

Des enjeux énergétiques et socio-économiques importants pour le Maroc 10

Benchmarking régional: la qualité du processus d'élaboration, un facteur clé pour l'applicabilité du règlement thermique 11

1. L'approche de la mise en œuvre du règlement thermique au Maroc 14

1.1 Objectifs 14

1.2 Vocation et utilité 14

1.3 Cible du règlement thermique au Maroc 14

1.3.1. Couvrir la plupart des types de bâtiments 14

1.3.2. Focaliser sur le neuf 14

1.4 Processus d'élaboration 15

1.4.1. Préparation des données et hypothèses de base 15

1.4.2. Zonage climatique 15

1.4.3. Simulations thermiques et analyse paramétrique 17

1.4.4. Analyses paramétriques des surcoûts 18

1.4.5. Définition des spécifications techniques minimales de performance thermique des bâtiments 19

1.4.6. Analyse des impacts socio-économiques 21

1.4.7. La concertation technique et politique 21

2. Le règlement thermique dans le secteur de l'habitat 24

2.1 Spécifications techniques du règlement thermique dans les bâtiments résidentiels 24

2.1.1. Approche performancielle 24

2.1.2. Approche prescriptive 24

2.2 Impacts socio-économiques, énergétiques et environnementaux attendus du règlement thermique 25

2.2.1. Impacts pour le consommateur final 25

2.2.2. Impacts pour l'État et la Collectivité 27

2.3 Prospective des impacts 29

2.3.1. Préviation du nouveau parc de logements urbains 29

2.3.2. Agrégation des économies d'énergie primaire 30

2.3.3. Capacités électriques évitées 30

2.3.4. Les subventions évitées 30

2.3.5. Les externalités positives 31

3. Le règlement thermique dans le secteur tertiaire 34

3.1 Spécifications techniques 34

3.1.1. Approche performancielle 34

3.1.2. Approche prescriptive 34

3.2 Impacts sociaux économiques, énergétiques et environnementaux attendus du règlement thermique 35

3.2.1. Les bâtiments administratifs 35

3.2.2. Les établissements scolaires 37

3.2.3. Bâtiments hospitaliers 40

3.2.4. Les établissements hôteliers 42

Conclusion 45

Annexe: glossaire des abréviations et termes techniques 46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Réglementation thermique dans les pays du sud de la Méditerranée.....	11
Tableau 2. Zones climatiques.....	16
Tableau 3. Exemple de code énergétique.....	18
Tableau 4. Performances thermiques des bâtiments résidentiels par zone en kWh/m ² /an.....	24
Tableau 5. Coefficient de transmission thermique U et résistance thermique R en résidentiel.....	24
Tableau 6. Créations d'emploi et volumes d'affaire.....	31
Tableau 7. Besoins spécifiques thermiques annuels maximaux de chauffage et de climatisation dans le secteur tertiaire en kWh/m ² /an.....	34

Tableau 8. Les exigences limites réglementaires des caractéristiques thermiques de l'enveloppe des bâtiments à usage de bureaux.....	34
Tableau 9. Surcoût pour les bâtiments administratifs en %.....	36
Tableau 10. Surcoût pour les établissements scolaires en %.....	39
Tableau 11. Surcoût pour les établissements hospitaliers en %.....	41
Tableau 12. Surcoût pour les établissements hôteliers en %.....	43
Tableau 13. Liste des abréviations.....	46
Tableau 14. Glossaire des termes techniques.....	46

LISTE DES FIGURES

4

Figure 1. Consommation d'énergie finale du secteur du bâtiment dans le monde 2010.....	10
Figure 2. Structure du potentiel d'efficacité énergétique dans la région de la Méditerranée du sud sur la période 2010-2030.....	10
Figure 3. Structure de la consommation par secteur.....	10
Figure 4. Zonage climatique du Maroc selon degrés-jours de chauffe.....	15
Figure 5. Zonage climatique du Maroc selon degrés-jours de climatisation.....	16
Figure 6. Besoins énergétiques spécifiques de chauffage et climatisation: 12 localités du Maroc.....	16
Figure 7. Zonage climatique du Maroc.....	17
Figure 8. Plan type.....	17
Figure 9. Agadir: Besoins énergétiques spécifiques annuels.....	18
Figure 10. Fés: Besoins énergétiques spécifiques annuels.....	18
Figure 11. Analyses paramétriques à Agadir.....	19
Figure 12. Coefficient de transmission thermique "U".....	20
Figure 13. Facteur solaire FS.....	21
Figure 14. Comparaison cas de base (BC) et règlement thermique (RT) : bâtiment résidentiel (Ti = 26 °C en été) en fonction de la zone climatique.....	25
Figure 15. Gains en besoins de chaleur et en froid selon les zones climatiques.....	25

Figure 16. Impacts du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments résidentiels (Ti = 26 °C en été) au Maroc (% de réduction).....	26
Figure 17. Économie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques.....	26
Figure 18. Gains sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques.....	26
Figure 19. Surcoût d'investissement engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques.....	27
Figure 20. % de surcoût d'investissement dû au RTCM selon la catégorie du logement et la région.....	27
Figure 21. Temps de retour pour le consommateur final selon la zone et la catégorie d'habitat.....	27
Figure 22. Gain en énergie primaire selon la zone climatique.....	28
Figure 23. Puissance électrique évitée selon la zone climatique.....	28
Figure 24. Estimation de l'évolution du marché annuel de la climatisation au Maroc et en Tunisie.....	28
Figure 25. Pointe annuelle du 30 août 2008.....	29
Figure 26. Pointe annuelle du 1er juillet 2008.....	29

Figure 27. Subvention publique accordée pour le chauffage de 1 m ² de logement par le GPL selon le prix international du pétrole	29	Figure 46. Gain en énergie primaire selon la zone climatique: Établissements scolaires.....	39
Figure 28. Nouveau parc cumulé à partir de 2011	30	Figure 47. Puissance électrique évitée selon la zone climatique: établissements scolaires.....	39
Figure 29. Gains annuels en énergie primaire.....	30	Figure 48. Comparaison cas de base (BC) et règlement thermique (RT) : bâtiment hospitalier (Ti = 26% en été) en fonction de la zone climatique.....	40
Figure 30. Puissance électrique évitée par la mise en œuvre du règlement thermique.....	30	Figure 49. Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments hospitaliers au Maroc (% de réduction)	40
Figure 31. Subventions annuelles évitées par l'État.....	31	Figure 50. Économie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques: bâtiment hospitalier.....	40
Figure 32. Comparaison cas de base (BC) et règlement thermique (RT) : bâtiment administratif (Ti = 26 °C en été) en fonction de la zone climatique	35	Figure 51. Gain sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques: bâtiment hospitalier	40
Figure 33. Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments administratifs au Maroc (% de réduction)	35	Figure 52. Surcoût d'investissement moyen engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques: bâtiment hospitalier.....	41
Figure 34. Économie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques: bâtiments administratifs.....	36	Figure 53. Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique: bâtiment hospitalier	41
Figure 35. Gain sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques: bâtiments administratifs	36	Figure 54. Gain en énergie primaire selon la zone climatique: bâtiment hospitalier....	41
Figure 36. Surcoûts d'investissement moyens engendrés par le règlement thermique selon les zones climatiques: administration.....	36	Figure 55. Puissance électrique évitée le selon la zone climatique: bâtiment hospitalier	42
Figure 37. Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique: bâtiment administratif	37	Figure 56. Comparaison cas de base (BC) et règlement thermique (RT) : établissement hôtelier (Ti = 26% en été) en fonction de la zone climatique	42
Figure 38. Gain en énergie primaire selon la zone climatique: administration.....	37	Figure 57. Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des établissements hôteliers au Maroc (% de réduction)	42
Figure 39. Puissance électrique évitée selon la zone climatique: bâtiment administratif	37	Figure 58. Économie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques: établissement hôtelier.....	42
Figure 40. Comparaison cas de base (BC) et règlement thermique (RT) : bâtiment scolaire (Ti = 26 °C en été) en fonction de la zone climatique	37	Figure 59. Gains sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques: établissement hôtelier.....	43
Figure 41. Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments scolaires au Maroc (% de réduction)	38	Figure 60. Surcoût d'investissement moyen engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques: établissement hôtelier.....	43
Figure 42. Économie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques: établissements scolaires.....	38	Figure 61. Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique: établissement hôtelier	43
Figure 43. Gain sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques: établissements scolaires.....	38	Figure 62. Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique: établissement hôtelier	44
Figure 44. Surcoût d'investissement moyen engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques: établissements scolaires.....	38	Figure 63. Gain en énergie primaire selon la zone climatique: hôtels.....	44
Figure 45. Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique: établissements scolaires	39		

Préface

Règlement Thermique de Construction au Maroc

La mise en place de ce règlement est passée par les étapes suivantes :

- › élaboration des spécifications techniques du règlement thermique, puis mise en place du cadre réglementaire et normatif ;
- › mise en place d'un plan stratégique et d'ateliers pour la consultation des parties prenantes, notamment les administrations, les entreprises, les professionnels et le grand public aux mesures d'efficacité énergétique dans les bâtiments ;
- › accompagnement et assistance technique aux mesures d'efficacité énergétique dans le bâtiment et aux résultats des études, au profit des professionnels et des administrations chargés du contrôle de l'application des exigences des performances thermiques, afin de renforcer leurs capacités dans ce domaine ;
- › instauration d'un climat favorable aux investissements dans le domaine de l'efficacité énergétique ;
- › développement et mise en œuvre d'un portefeuille de projets de démonstrations intégrant des mesures d'efficacité énergétique ;
- › élaboration du zonage climatique (3 cartes dans l'actif et le passif) ;
- › élaboration d'un logiciel de contrôle du Règlement Thermique de Construction au Maroc.

Efficacité énergétique des systèmes actifs dans le bâtiment

Il s'agit de couvrir essentiellement les aspects suivants :

- › analyse du marché et caractérisation des équipements CVC, éclairage et ECS au Maroc ;
- › mise en place d'un cadre réglementaire et normatif pour les standards de performance énergétique des équipements CVC, éclairage et ECS ;

L'agence Nationale pour le Développement des Énergies Renouvelables et de l'Efficacité Énergétique (ADEREE) a lancé un programme d'efficacité énergétique dans le bâtiment dont l'objectif principal est d'alléger la consommation énergétique de ce secteur. Quantitativement, le programme vise une économie d'énergie estimée à 1,2 Mtep/an à l'horizon 2020 et une réduction de gaz à effet de serre d'environ 4,5 MteCO₂.

- › mise en œuvre des mesures d'encouragement de l'investissement dans le développement du marché des équipements CVC, éclairage et ECS efficaces en énergie ;
 - › mise en œuvre d'un plan national de communication, mobilisation et sensibilisation du grand public ;
 - › renforcement des capacités des professionnels et des administrations chargés du contrôle de l'application des normes et de système d'étiquetage des performances énergétiques.
- › Le présent document est relatif à la première composante. Il décrit le processus d'élaboration du règlement thermique pour les bâtiments résidentiels et tertiaires ainsi que les résultats atteints en termes de :
- › spécifications techniques du règlement thermique ;
 - › impacts socio-économiques, énergétiques et environnementaux attendus du règlement thermique ;
 - › prospective des impacts et leur agrégation au niveau national.



INTRODUCTION |

Introduction

Secteur du bâtiment : des enjeux énergétiques mondiaux et régionaux importants

Au niveau mondial, le secteur du bâtiment représente à lui seul autour de 28% de la consommation d'énergie finale et contribue à hauteur d'un tiers environ des émissions de CO₂, comme le montre le graphique suivant :

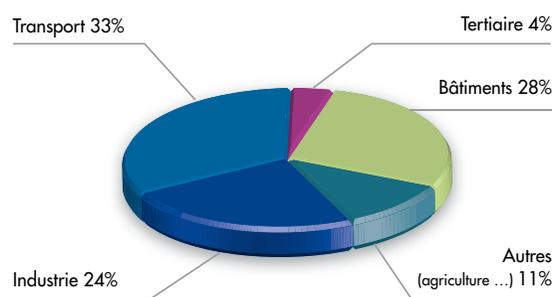


Figure 1. Consommation d'énergie finale du secteur du bâtiment dans le monde 2010

Par ailleurs, il est estimé que le potentiel d'économies d'énergie dans ce secteur au niveau mondial est de l'ordre de 40 %, et cela en grande partie via des mesures économiquement rentables (1) C'est également un secteur éminemment stratégique du fait de la longue durée de vie des bâtiments : les constructions d'aujourd'hui conditionneront durablement les consommations de demain et un bâtiment bien pensé dès sa conception sera toujours plus performant et moins coûteux qu'un bâtiment

1 Selon le scénario 450 de l'AIE, 2009.

2 Étude sur l'efficacité énergétique dans le bâtiment dans la région méditerranéenne, Plan Bleu, 2010

renove a posteriori. Si le secteur de la rénovation est crucial aux vues du parc de logements existant, la construction neuve se doit d'être exemplaire.

La région du sud de la Méditerranée ne déroge pas à ce constat puisque, en moyenne, le secteur du bâtiment représente environ 38 % de l'énergie consommée (ce pourcentage varie entre 27 et 65 % selon les pays). Il représente, par ailleurs, le gisement d'économie le plus important qui se situe souvent autour de 40 % dans la plupart des pays de la région (2).

Ce potentiel peut être atteint à travers l'agrégation de l'effet de plusieurs mesures individuelles, comme le montre le graphique suivant, issu d'une étude réalisée par Plan Bleu en 2009.

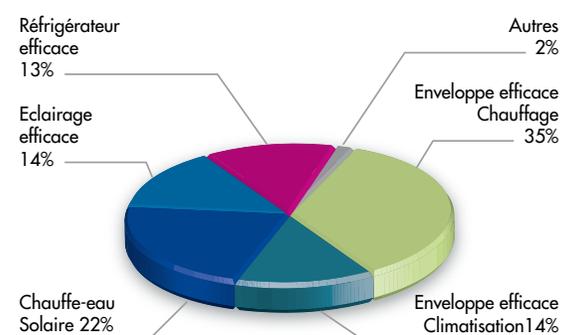


Figure 2. Structure du potentiel d'efficacité énergétique dans la région de la Méditerranée du sud sur la période 2010-2030

Notons que la mesure de l'amélioration des performances thermiques de l'enveloppe des bâtiments couvre à elle seule 50 % de ce potentiel, grâce aux économies d'énergie qu'elle implique pour les besoins de chauffage et de climatisation. Il en découle l'importance des mesures réglementaires relatives aux performances thermiques des bâtiments.

Des enjeux énergétiques et socio-économiques importants pour le Maroc

Parmi ces secteurs, le bâtiment est le premier consommateur d'énergie avec une part de 25 % de la consommation énergétique totale du pays, dont 18 % réservés au résidentiel et le reste pour le tertiaire. Cette consommation énergétique est appelée à augmenter rapidement dans les années futures pour deux raisons :

- l'évolution importante du parc de bâtiments à cause des grands programmes annoncés : Plan Azur de l'hôtellerie, programme d'urgence de l'éducation nationale, programme des 150 000 logements par an, programme de réhabilitation des hôpitaux, etc.
- l'augmentation sensible du taux d'équipement des ménages en équipements CVC, éclairage et ECS du fait de l'amélioration du niveau de vie et la baisse des prix de ces équipements (chauffage, climatisation, chauffage de l'eau, réfrigération, etc.).

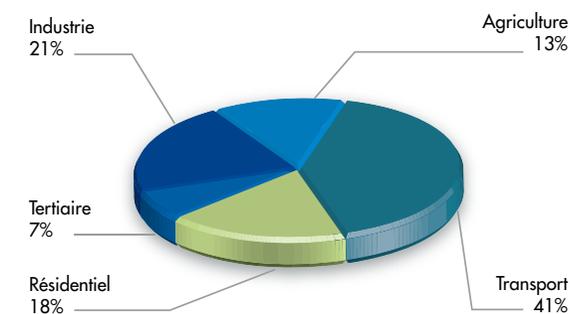


Figure 3. Structure de la consommation par secteur



En termes d'économie d'énergie, le programme d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment au Maroc prévoit une économie d'énergie finale d'environ 1,22 Mtep à l'horizon 2020 ⁽³⁾.

L'amélioration des performances thermiques de l'enveloppe constitue l'une des principales mesures structurelles d'efficacité énergétique dans ce secteur, compte tenu de la durée de son impact dans le temps. Ce type de mesures est d'autant plus important que le Maroc connaisse aujourd'hui un développement sans précédent du marché de la construction.

Le règlement thermique des nouveaux bâtiments est l'un des instruments majeurs pour la transformation du marché de la construction envers un mode plus efficace en énergie.

Pour ces raisons, les dispositions réglementaires en vue au Maroc focalisent dans un premier temps sur les performances de l'enveloppe des bâtiments, mais seront élargies dans un deuxième temps à d'autres composantes importantes, telles que les équipements énergétiques, la gestion des services d'énergie, l'aménagement urbain, etc.

Benchmarking régional: la qualité du processus d'élaboration, un facteur clé pour l'applicabilité du règlement thermique

Compte tenu des enjeux énergétiques que couvre le secteur des bâtiments dans les pays en développement et tout particulièrement dans les pays du sud de la Méditerranée, la plupart de ces derniers ont adopté des mesures d'ordre réglementaire ou normatif pour l'efficacité énergétique dans les bâtiments, comme le montre le tableau suivant :

Tableau 1. Réglementation thermique dans les pays du sud de la Méditerranée

Pays	État de la réglementation
Jordanie	Norme d'isolation thermique en 1990 Code d'EE dans les bâtiments obligatoires (en cours d'adoption)
Liban	Norme d'isolation thermique en 2005, révisée en 2010
Syrie	Code d'EE dans les bâtiments obligatoires
Turquie	Norme d'isolation thermique en 2000 Norme obligatoire
Algérie	Document Technique Réglementaire (DTR) en 1996 Obligatoire depuis 2000
Tunisie	Réglementation thermique obligatoire pour bureaux en 2008 Réglementation thermique obligatoire pour résidentiel collectif en 2009
Égypte	Norme d'isolation thermique obligatoire en 1998 Code d'EE dans les bâtiments pour résidentiel obligatoire en 2003 Code d'EE dans les bâtiments pour tertiaire volontaire en 2005

Toutefois, dans la réalité, le niveau d'application de ces mesures diffère sensiblement d'un pays à un autre. Les deux pays où le règlement thermique est relativement bien appliqué sont la Turquie et la Tunisie. En effet, dans ces deux pays, le règlement a été élaboré selon un processus global basé sur une large concertation avec l'ensemble des parties prenantes et associée à des programmes d'accompagnement et renforcement des capacités des concepteurs, des opérateurs et des fournisseurs des matériaux d'isolation.

De manière générale, le retour d'expériences de ces pays montre l'importance de la qualité du processus d'élaboration du règlement comme un facteur clé de son applicabilité effective.

Avec le présent processus lancé au Maroc, le pays est sur le chemin de combler le retard par rapport aux autres pays ayant mis en œuvre des règlements thermiques de construction obligatoires.

3 Plan d'action « Efficacité Énergétique » dans le secteur du bâtiment au Maroc, ADEREE.





1. L'APPROCHE DE LA MISE EN ŒUVRE DU RÈGLEMENT THERMIQUE AU MAROC

1.

L'approche de la mise en œuvre du règlement thermique au Maroc

1.1 Objectifs

La Règlement Thermique de Construction au Maroc (RTCM) vise essentiellement à améliorer les performances thermiques :

- › réduire les besoins de chauffage et de climatisations des bâtiments ;
- › améliorer le confort des bâtiments non climatisés ;
- › réduire la puissance des équipements de chauffage et de climatisation à installer ;
- › inciter les architectes, ingénieurs et maîtres d'œuvre à l'utilisation des approches de conception thermique performante de l'enveloppe du bâtiment ;
- › mettre à la disposition des maîtres d'ouvrage, décideurs publics et bailleurs de fonds, un outil permettant d'améliorer la productivité de leurs investissements ;
- › aider à la réalisation de diagnostics énergétiques des bâtiments existants.

1.2 Vocation et utilité

Par ailleurs, le RTCM constitue un document de base pouvant être incorporé dès aujourd'hui dans les cahiers des charges des projets de construction, extension ou rénovation des bâtiments. C'est un outil d'aide à l'optimisation thermique et énergétique de l'enveloppe du bâtiment, intervenant au stade de la conception.

Elle peut servir aussi comme outil de diagnostic des bâtiments existants en offrant un référentiel du niveau d'isolation thermique acceptable. Ensuite, le logiciel de simulation pourrait être utilisé pour évaluer les besoins annuels spécifiques de

chauffage et de climatisation des bâtiments et les comparer par rapport à cette référence.

Bien entendu, tous les acteurs dans le domaine de la construction devraient être ensuite formés à l'application du RTCM. En effet, la démonstration et l'information sur la facilité et la flexibilité de l'application de ses dispositions restent indispensables pour convaincre de son intérêt. Une action judicieuse dans ce sens permettra d'atteindre rapidement les économies d'énergie escomptées dans le secteur du bâtiment.

1.3 Cible du règlement thermique au Maroc

1.3.1. Couvrir la plupart des types de bâtiments...

Le règlement thermique, objet du présent travail, concerne uniquement l'enveloppe des bâtiments et couvre à la fois le secteur de l'habitat et les bâtiments tertiaires.

Dans l'habitat, le règlement couvrira, a priori, toutes les catégories socio-économiques des bâtiments, à savoir :

- › économique ;
- › standing.

Pour ces derniers, quatre segments sont particulièrement couverts, à savoir :

- › les hôtels ;
- › les bâtiments administratifs (bureaux) ;
- › les bâtiments d'éducation et d'enseignement supérieur ;
- › les hôpitaux.

1.3.2. Focaliser sur le neuf...

Bien que la problématique de l'efficacité énergétique dans les bâtiments existants soit très importante compte tenu de l'ampleur du parc au Maroc, le règlement thermique proposé ne couvre, dans un premier temps, que les bâtiments neufs.

Le traitement du segment des bâtiments existants pourra être traité à travers les audits énergétiques et la mise en œuvre des mesures d'efficacité énergétique qui en découlent.



1.4 Processus d'élaboration

La méthodologie adoptée pour l'élaboration du Règlement Thermique de Construction au Maroc (RTCM), repose sur un processus itératif basé sur une large concertation avec l'ensemble des acteurs du secteur de la construction, matérialisée par une série de réunions d'échanges et de validation (voir annexe).

L'enchaînement logique de ce processus s'est effectué en 6 grandes phases :

- › la préparation des données et hypothèses de base ;
- › le zonage climatique ;
- › les simulations thermiques et d'analyse paramétrique ;
- › l'évaluation des impacts socio-économique du règlement thermique ;
- › la concertation politique avec les institutions en charge des secteurs cibles ;
- › la mise en place du règlement thermique.

1.4.1. Préparation des données et hypothèses de base

Cette phase consiste à préparer les données et hypothèses de base nécessaires pour les différentes étapes de l'étude sur la base des documents et sources d'information disponibles au Maroc, telles que :

- › données sur les matériaux de construction et vitrages utilisés au Maroc (nature, caractéristiques thermophysiques, prix, etc.) ;
- › équipements énergétiques de chauffage et climatisation (caractéristiques, taux d'équipement, prix, etc.) ;
- › mode de construction ;
- › parc de bâtiments existants et ses caractéristiques ;
- › données démographiques actuelles et prospectives ;
- › consommation énergétique sectorielle ;
- › mode de chauffage et énergies utilisées ;
- › profil d'occupation des différents types de bâtiments ;
- › fichiers climatiques, etc.

1.4.2. Zonage climatique

Les travaux de zonage climatique ont été réalisés en étroite coordination entre la DMN et l'ADEREE, avec l'appui d'une expertise internationale.

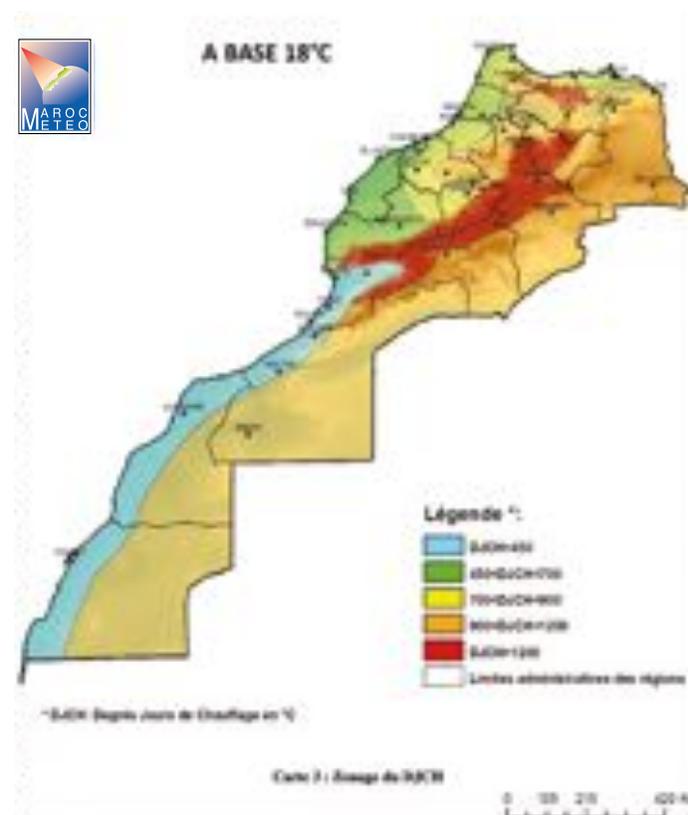
Le territoire Marocain a été subdivisé en zones climatiques homogènes en se basant sur l'analyse des données climatiques enregistrées par 37 stations météorologiques sur la période de 1999-2008 (10 ans). La construction des zones a été effectuée

selon le critère du nombre de degrés jours d'hiver et le nombre de degrés jours d'été.

Deux types de zonage ont été établis par la DMN :

- › un zonage sur la base des degrés jours de chauffage à base 18 °C ;
- › un zonage sur la base des degrés jours de climatisation à base 21 °C.

Degrés-jours de chauffage : Mesure de la différence entre la température moyenne d'un jour donné par rapport à une température de référence et qui exprime les besoins en chauffage domestique. La température de référence utilisée est 18 °C puisqu'en moyenne, quand la température extérieure tombe sous cette barre, on doit chauffer l'intérieur pour y maintenir une température agréable. Lorsque la température extérieure est 18 °C les gains internes peuvent augmenter la température intérieure au-dessus de 20 °C et on n'a pas besoin de chauffer.



1. L'approche de la mise en œuvre du règlement thermique au Maroc

Degrés-jours de climatisation : Identique au degré-jour de chauffage sauf qu'il mesure les besoins en climatisation domestique au cours des mois chauds d'été par rapport à une température de référence. La température de référence utilisée est 21 °C. Lorsque la température extérieure est 21 °C les gains internes peuvent augmenter la température intérieure au-dessus de 24 °C-26 °C et impliquent des besoins de climatisation.

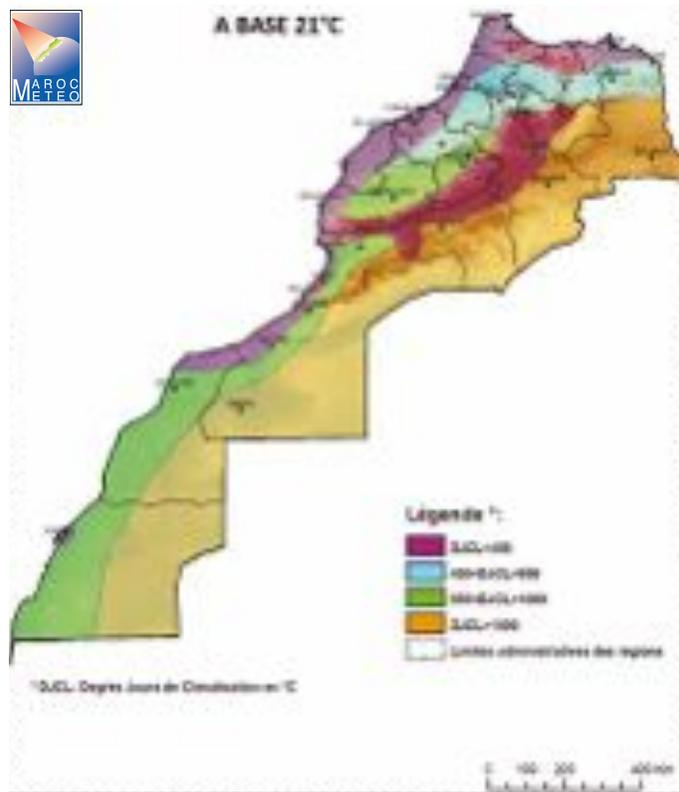


Figure 5. Zonage climatique du Maroc selon degrés-jours de climatisation

Toutefois, pour des raisons pratiques, il n'est pas possible d'adopter, pour le règlement thermique, deux zonages saisonniers différents. Un zonage climatique unique pour les besoins du règlement thermique a été réalisé par les experts internationaux avec des fichiers climatiques annuels horaires, sur la base des résultats de simulations des besoins thermiques annuels de chauffage et de climatisation des bâtiments dans onze villes marocaines représentatives.

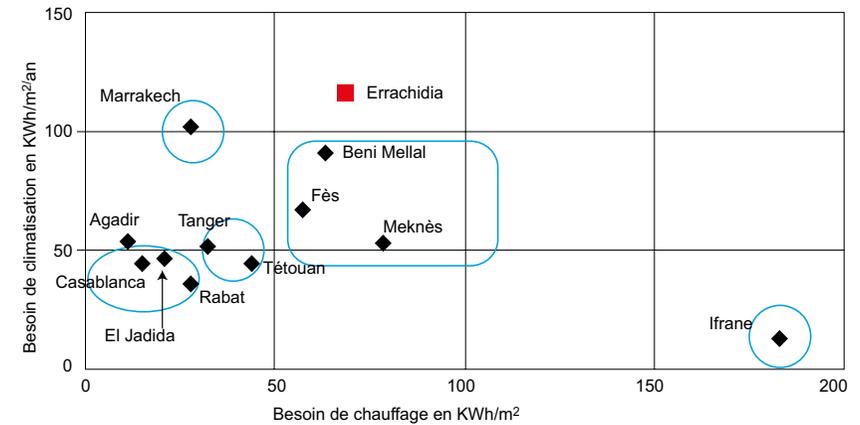


Figure 6. Besoins énergétiques spécifiques de chauffage et climatisation : 12 localités du Maroc

Ainsi, en définitive, la carte du zonage final comprend six zones climatiques, circonscrites en respectant les limites administratives, pour une application facile et efficace du nouveau règlement. Ces zones sont représentées climatiquement par les villes suivantes :

Tableau 2. Zones climatiques

Zone 1	Agadir
Zone 2	Tanger
Zone 3	Fès
Zone 4	Ifrane
Zone 5	Marrakech
Zone 6	Errachidia

La carte suivante représente le zonage climatique adopté pour le règlement thermique.



Zonage climatique du Maroc adapté au Règlement Thermique de Construction au Maroc

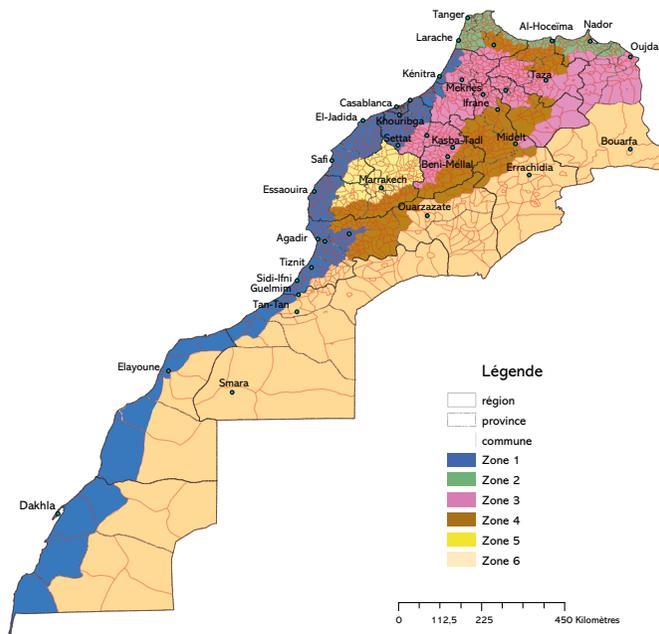


Figure 7. Zonage climatique du Maroc

1.4.3. Simulations thermiques et analyse paramétrique

L'objectif de ces simulations est d'établir les options techniques optimales pour améliorer significativement les performances thermiques des bâtiments cibles par rapport à la situation actuelle, considérée comme référence. Pour cela, une série de simulations thermiques ont été réalisées sur des bâtiments de référence à l'aide du logiciel TRNSYS.

1.4.3.1. Choix des bâtiments de référence

Sept bâtiments de référence ont été choisis en concertation avec les ministères en charge des secteurs concernés, pour faire l'objet de simulations thermiques :

› bâtiments résidentiels :

- un collectif économique ;
- un collectif semi-standing ;
- une villa individuelle de type économique.

› bâtiments tertiaires :

- un hôtel ;
- un hôpital ;
- une école ;
- un bâtiment administratif.

Ces bâtiments de références, choisis pour les analyses paramétriques, représentent des cas de construction et d'équipements courants au Maroc.



Figure 8. Plan type

1. L'approche de la mise en œuvre du règlement thermique au Maroc

1.4.3.2. Analyse paramétrique énergétique

L'analyse paramétrique énergétique consiste à faire modifier les paramètres de l'enveloppe du bâtiment de référence un par un et de simuler l'impact de chaque modification sur les besoins annuels de chauffage et de climatisation du bâtiment dans des conditions standards d'utilisation et dans différentes zones climatiques. Les paramètres simulés sont :

- › isolation des murs (3 ou 4 variantes d'épaisseur d'isolation) ;
- › isolation des toitures (3 ou 4 variantes d'épaisseur d'isolation) ;
- › isolation des planchers bas (3 ou 4 variantes d'épaisseur d'isolation) ;
- › isolation des fenêtres (3 ou 4 variantes de fenêtres) ;
- › protection solaire des vitrages (3 ou 4 variantes de vitrage Facteur Solaire "FS") ;
- › protection solaire des fenêtres (3 ou 4 variantes d'auvents et 3 ou 4 variantes de débords latéraux) ;
- › orientation du bâtiment (2 orientations différentes) ;
- › 5 à 10 combinaisons de paramètres précédents les plus caractéristiques.

L'isolant simulé est un isolant de conductivité thermique $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2.\text{K}$.

Le nombre total de simulations est supérieur à 400. De plus les simulations ont été effectuées avec des conditions intérieures de 24 °C et 26 °C pour la climatisation et 20 °C pour le chauffage.

Les figures suivantes montrent quelques résultats de simulation.

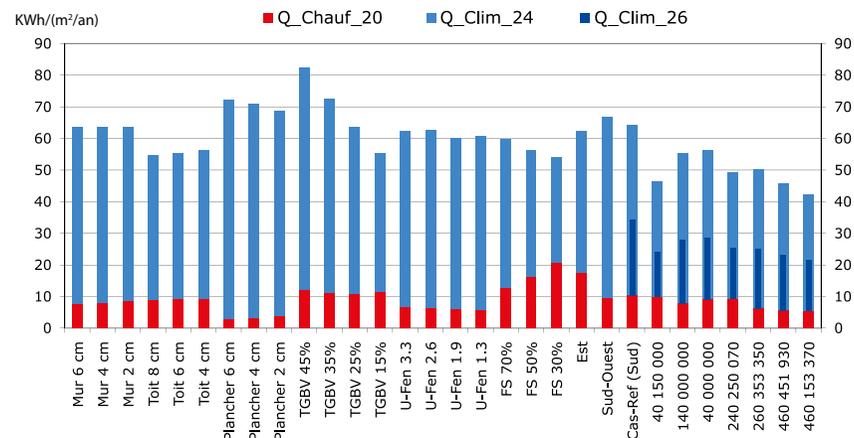


Figure 9. Agadir: Besoins énergétiques spécifiques annuels

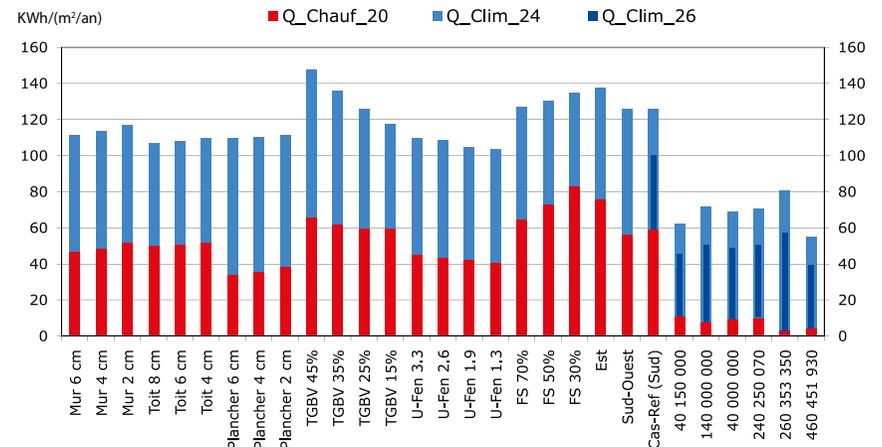


Figure 10. Fés: Besoins énergétiques spécifiques annuels

Ainsi, pour chaque paramètre simulé, les nouveaux besoins thermiques sont évalués et comparés aux besoins de la situation de référence.

Pour les combinaisons, le code par exemple (462,451,930) est interprété comme suivant :

Tableau 3. Exemple de code énergétique					
Mur	Toiture	Plancher	TGBV	U Fenêtre	FS
4	6	2	45	1,9	30
4 cm isolant	6 cm isolant	4 cm isolant	%	W/m².K	%

$\lambda=0,04 \text{ W/m}^2.\text{k}$ $\lambda=0,04 \text{ W/m}^2.\text{k}$ $\lambda=0,04 \text{ W/m}^2.\text{k}$

1.4.4. Analyses paramétriques des surcoûts

Cette analyse consiste à déterminer pour chaque paramètre simulé les surcoûts d'investissement liés à la mise en œuvre de chacune des options. Elle permet également de déterminer la réduction (voire l'augmentation) des coûts des installations de chauffage et de climatisation (à cause de la variation de la puissance installée) en tenant compte de la variation des coûts de la maintenance.

Les surcoûts d'investissement ont été déterminés par l'architecte sur la base des prix des matériaux d'isolation disponibles actuellement au Maroc (isolation des murs, fenêtre double vitrage, etc.).

Les surcoûts ont été estimés pour différents taux de vitrage (15 %, 25 %, 35 % et 45 %) pour accorder plus de flexibilité aux concepteurs, comme le montre l'exemple suivant :

Agadir

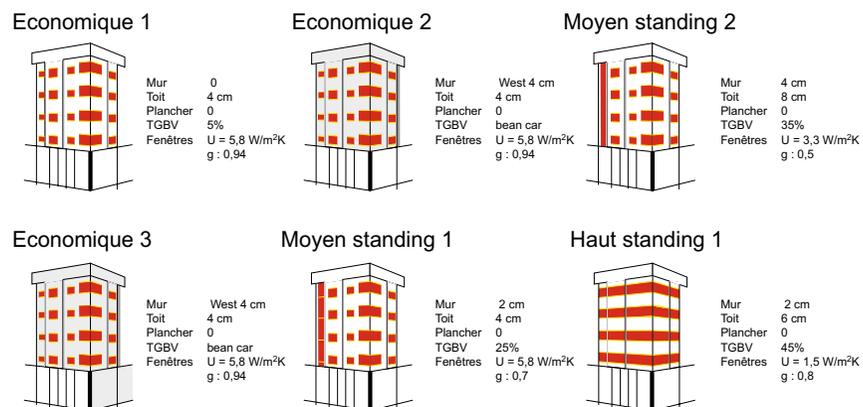


Figure 11. Analyses paramétriques à Agadir

1.4.5. Définition des spécifications techniques minimales de performance thermique des bâtiments

En tenant compte des surcoûts d'investissement d'une part et des simulations thermiques d'autre part, un processus itératif a permis de fixer les niveaux raisonnables des exigences requises en matière de performance de l'enveloppe à considérer comme niveaux réglementaires. Ces niveaux ont été définis à partir des options d'économies d'énergie qui représentent un bon compromis technique et économique.

Le RTCM fixe pour les composantes de l'enveloppe du bâtiment des critères de performance dont les niveaux retenus conduiront à réduire les besoins de chauffage et de climatisation, les consommations énergétiques liées à ces postes et la puissance électrique requise pour l'exploitation du bâtiment. Pour les bâtiments non climatisés ils réduiront les périodes d'inconfort thermique.

Les spécifications techniques minimales des performances thermiques peuvent être exprimées, pour chaque zone climatique et chaque type de bâtiment, de deux manières. Ces deux approches offrent aux professionnels intervenant dans la conception des composantes de l'enveloppe du bâtiment une grande souplesse dans l'application du RTCM.



1.4.5.1. Approche globale dite performancielle

Les spécifications sont exprimées en termes d'exigences minimales en besoins spécifiques annuels de chauffage et de climatisation, par rapport à des températures intérieures de référence (20 °C pour le chauffage et 26 °C pour la climatisation). Toutefois, la vérification de ces spécifications nécessite le recours à un outil de simulation. Un logiciel de simulation simplifié sera développé et mis gratuitement à la disposition des utilisateurs. Cependant l'utilisation des logiciels lourds comme TRNSYS ou VisualDO3 ainsi que des logiciels pratiques comme HAP et CODYBA reste valable pour les grands projets justifiant le recours à ce genre de logiciel (en particulier en cas de dimensionnement des systèmes de CVC).

1.4.5.2. Approche simplifiée dite prescriptive

Les caractéristiques thermiques des parois de l'enveloppe d'un bâtiment correspondent aux coefficients de transmission thermique (U) des toitures, des murs extérieurs, des planchers sur pilotis et des baies vitrées ainsi qu'au facteur solaire équivalent (FS*) des baies vitrées et à la résistance thermique (R) des planchers sur sol plein

Calcul du taux global des baies vitrées TGBV :

Le TGBV des espaces chauffés et/ou refroidis d'un bâtiment est défini par le rapport entre la surface totale de leurs baies vitrées et la surface totale brute de l'ensemble de leurs murs extérieurs :

1. L'approche de la mise en œuvre du règlement thermique au Maroc

$$TGBV = \frac{\sum \text{surfaces des baies vitrées des murs extérieurs des espaces chauffés et/ou refroidis}}{\sum \text{surfaces brutes des murs extérieurs des espaces chauffés et/ou refroidis}}$$

Calcul du Coefficient de Transmission Thermique U:

Le coefficient de transmission thermique U correspond au taux d'écoulement de chaleur en régime permanent divisé par mètre carré de surface et par la différence de température entre les environnements de chaque côté de la paroi. Ce coefficient est exprimé en $W/(m^2.K)$. Il est défini comme suit:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + \sum R_j}$$

λ_i : conductivité thermique du matériau « i » constituant la paroi ($W/m^2.K$)

e_i : épaisseur du matériau « i » constituant la paroi (m)

R_j : résistance thermique ($m^2.K/W$)

$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$: résistance thermique superficielle d'échange d'une paroi sur les faces intérieure et extérieure par convection et rayonnement ($m^2.K/W$).

Valeurs conventionnelles des résistances thermiques superficielles:

Paroi verticale: $\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0,17 \text{ m}^2.K/W$

Paroi horizontale: $\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} = 0,22 \text{ m}^2.K/W$

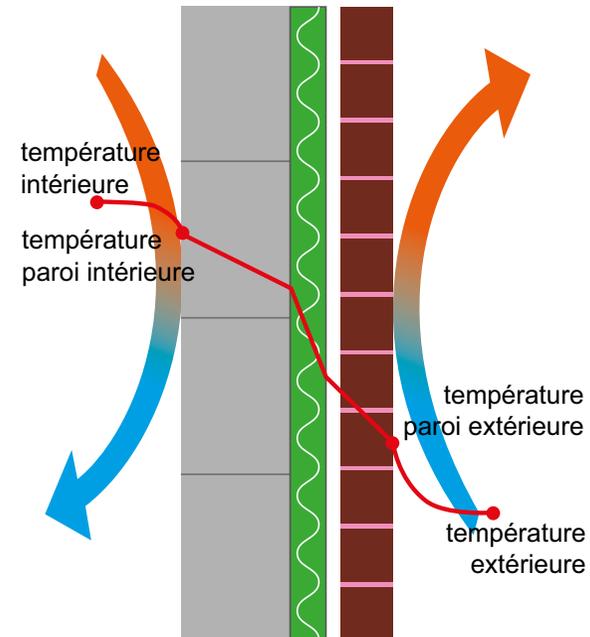


Figure 12. Coefficient de transmission thermique "U"

Les échanges de chaleur à travers l'enveloppe sont proportionnels au coefficient "U". Le règlement thermique impose une valeur limite maximale de "U" pour chaque élément de l'enveloppe.

Calcul du Facteur Solaire FS:

Le facteur solaire FS (encore appelé Solar Heat Gain Coefficient, SHGC) est la quantité d'énergie solaire, exprimée en pourcentage (%), que l'on retrouve derrière les baies vitrées exposées au rayonnement solaire (sans protections solaires extérieures et intérieures).

Ce pourcentage de chaleur que l'on retrouve derrière la baie vitrée est la résultante des phénomènes très complexes de transmission, d'absorption et de réflexion qui ont lieu dans le système considéré. Le coefficient FS est donné par le fabricant des vitrages.



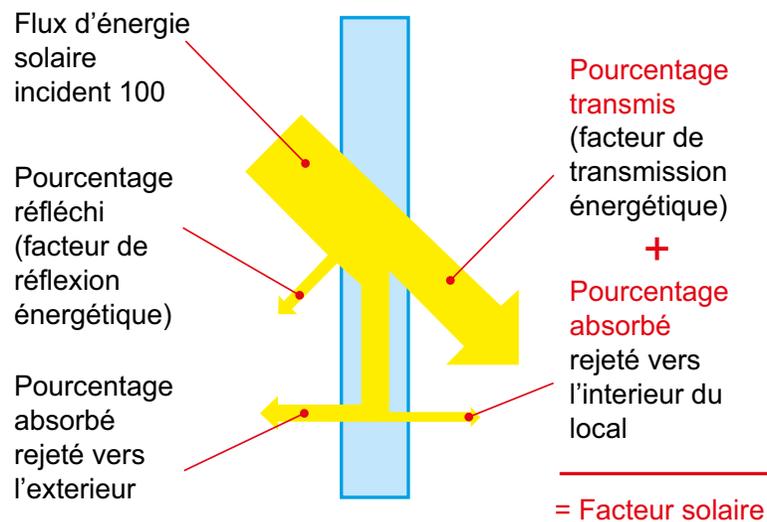


Figure 13. Facteur solaire FS

FS*: Le facteur solaire équivalent des baies vitrées est la quantité d'énergie solaire, exprimée en pourcentage (%), que l'on retrouve derrière les baies vitrées associées à leurs protections solaires architecturales extérieures.

1.4.6. Analyse des impacts socio-économiques

L'objectif de cette analyse est de vérifier la faisabilité économique pour les différents acteurs en évaluant les impacts positifs ou négatifs que chacun d'entre eux peut subir suite à l'application du règlement thermique. Les résultats de cette analyse servent, par ailleurs, comme des éléments de base pour la concertation avec les différentes parties prenantes du secteur.

L'analyse porte alors sur différents indicateurs :

1.4.6.1. Au niveau du consommateur final

- › surcoûts d'investissement liés à la mise en œuvre des spécifications techniques ;
- › gains en énergie finale en combustible et en électricité ;
- › gains sur la facture énergétique ;
- › gains sur les investissements liés aux puissances de climatisation et chauffage ;
- › temps de retour par rapport aux surcoûts investis.

1.4.6.2. Au niveau de l'État et la Collectivité

- › gains en énergie primaire ;
- › subventions évitées par l'État sur les énergies conventionnelles déplacées ;
- › impacts sur la courbe de charge électrique au niveau national ;
- › capacités électriques évitées et investissements conséquents différés ;
- › émissions évitées ;
- › coût de la tep primaire économisée par rapport au coût d'approvisionnement sur le marché international, etc.

Dans un premier lieu, l'analyse est faite à un niveau microéconomique, c'est-à-dire au niveau du bâtiment type, tout en rapportant les impacts par rapport au m² de surface de bâtiment respectant le règlement thermique.

Ensuite, une analyse prospective des impacts est menée en agrégeant les effets sur l'ensemble du nouveau parc prévisionnel, sur la base d'un certain nombre d'hypothèses concernant le taux d'équipement de la cible en chauffage et climatisation.

1.4.7. La concertation technique et politique

Afin de garantir l'applicabilité ultérieure du règlement thermique projetée, il est important que l'élaboration de ce règlement soit basée sur une approche participative consensuelle aussi bien au niveau technique que politique.

Pour cela, les propositions de spécifications techniques sont d'abord discutées et validées dans le cadre d'ateliers d'experts regroupant des ingénieurs spécialisés, des architectes, des chercheurs, des universitaires, des opérateurs immobiliers, des cadres techniques des ministères concernés, etc.

Ensuite, afin de s'assurer de l'adhésion politique des partenaires sectoriels au futur règlement, des ateliers de concertation sont organisés avec les différents ministères concernés, à savoir : l'Habitat, le Tourisme, la Santé, l'Éducation Nationale, l'Énergie et les Mines et les Finances. Cette concertation est centrée autour de l'évaluation des impacts socio-économiques du règlement sur les différents acteurs impliqués.

En même temps, des réunions de concertation régionale sont menées avec les acteurs locaux concernés dans les différentes régions du pays.

Enfin, le processus de concertation sectorielle est clôturé par une conférence nationale qui a préparé la proposition finale du cadre législatif sur la base d'un consensus national.



2.

LE RÈGLEMENT THERMIQUE DANS LE SECTEUR DE L'HABITAT

2.

Le règlement thermique dans le secteur de l'habitat

2.1 Spécifications techniques du règlement thermique dans les bâtiments résidentiels

2.1.1. Approche performancielle

Les spécifications techniques minimales des performances thermiques des bâtiments sont fixées par le RTCM conformément à l'approche performancielle suivante :

Zone	Localité	Performance (kWh/m ² /an)
Z1	Agadir	40
Z2	Tanger	46
Z3	Fès	48
Z4	Ifrane	64
Z5	Marrakech	61
Z6	Errachidia	65

Pour faciliter son application ces exigences sont les mêmes pour les différentes catégories socio-économiques des bâtiments. Elles diffèrent d'une zone climatique à une autre compte tenu de la différence des caractéristiques climatiques de chacune d'entre elles.

2.1.2. Approche prescriptive

Ces spécifications peuvent être exprimées selon une approche prescriptive, en fonction des zones, comme indiqué dans le tableau ci-après.

Les résistances thermiques présentées dans ce tableau sont exclusivement celles du matériau d'isolation, à l'exclusion expresse des films d'air intérieur ainsi que de la résistance thermique du sol et des autres composantes de la dalle.

Pour la résistance thermique minimale des planchers bas l'obligation se limite seulement aux dalles constituant le sol des espaces climatisés ou chauffés. Les dalles sur le sol doivent être isolées avec une épaisseur d'isolation thermique procurant une résistance thermique telle qu'indiquée dans le tableau.

Les planchers bas sur pilotis exposé à l'air extérieur seront traités comme les toitures.

Tableau 5. Coefficient de transmission thermique U et résistance thermique R en résidentiel

	Taux des baies vitrées TGBV	U des toitures exposées (W/m ² .K)	U des murs extérieurs (W/m ² .K)	U des vitrages (W/m ² .K)	R minimale des planchers sur sol (m ² .K/W)	Facteur Solaire FS* des vitrages
Zone climatique réglementaire Z1 (Réf. Agadir)	≤ 15 %	≤ 0,75	≤ 1,20	≤ 5,80	NE	NE
	16-25 %	≤ 0,75	≤ 1,20	≤ 5,80	NE	Nord: NE Autres: ≤ 0,7
	26-35 %	≤ 0,75	≤ 1,20	≤ 3,30	NE	Nord: NE Autres: ≤ 0,5
Zone climatique réglementaire Z2 (Réf. Tanger)	36-45 %	≤ 0,65	≤ 1,20	≤ 3,30	NE	Nord: ≤ 0,7 Autres: ≤ 0,3
	≤ 15 %	≤ 0,75	≤ 0,80	≤ 5,80	NE	NE
	16-25 %	≤ 0,65	≤ 0,80	≤ 3,30	NE	Nord: NE Autres: ≤ 0,7
Zone climatique réglementaire Z3 (Réf. Fès)	26-35 %	≤ 0,65	≤ 0,70	≤ 3,30	NE	Nord: NE Autres: ≤ 0,5
	36-45 %	≤ 0,55	≤ 0,60	≤ 2,60	NE	Nord: ≤ 0,7 Autres: ≤ 0,3
	≤ 15 %	≤ 0,65	≤ 0,80	≤ 3,30	≥ 0,75	NE
Zone climatique réglementaire Z4 (Réf. Ifrane)	16-25 %	≤ 0,65	≤ 0,80	≤ 3,30	≥ 0,75	Nord: NE Autres: ≤ 0,7
	26-35 %	≤ 0,65	≤ 0,70	≤ 2,60	≥ 0,75	Nord: NE Autres: ≤ 0,5
	36-45 %	≤ 0,55	≤ 0,60	≤ 1,90	≥ 0,75	Nord: ≤ 0,7 Autres: ≤ 0,5
Zone climatique réglementaire Z5 (Réf. Marrakech)	≤ 15 %	≤ 0,55	≤ 0,60	≤ 3,30	≥ 1,25	NE
	16-25 %	≤ 0,55	≤ 0,60	≤ 3,30	≥ 1,25	Nord: NE Autres: ≤ 0,7
	26-35 %	≤ 0,55	≤ 0,60	≤ 2,60	≥ 1,25	Nord: ≤ 0,7 Autres: ≤ 0,6
	36-45 %	≤ 0,49	≤ 0,55	≤ 1,90	≥ 1,25	Nord: ≤ 0,6 Autres: ≤ 0,5

Zone climatique réglementaire Z5 (Réf. Marrakech)	≤ 15 %	≤ 0,65	≤ 0,80	≤ 3,30	≥ 1,00	NR
	16-25 %	≤ 0,65	≤ 0,70	≤ 3,30	≥ 1,00	Nord: NE Autres: ≤ 0,7
	26-35 %	≤ 0,55	≤ 0,60	≤ 2,60	≥ 1,00	Nord: ≤ 0,6 Autres: ≤ 0,4
	36-45 %	≤ 0,49	≤ 0,55	≤ 1,90	≥ 1,00	Nord: ≤ 0,5 Autres: ≤ 0,3
Zone climatique réglementaire Z6 (Réf. Errachidia)	≤ 15 %	≤ 0,65	≤ 0,80	≤ 3,30	≥ 1,00	NR
	16-25 %	≤ 0,65	≤ 0,70	≤ 3,30	≥ 1,00	Nord: NE Autres: ≤ 0,7
	26-35 %	≤ 0,55	≤ 0,60	≤ 2,60	≥ 1,00	Nord: ≤ 0,6 Autres: ≤ 0,4
	36-45 %	≤ 0,49	≤ 0,55	≤ 1,90	≥ 1,00	Nord: ≤ 0,5 Autres: ≤ 0,3

NE: pas d'exigence.

2.2 Impacts socio-économiques, énergétiques et environnementaux attendus du règlement thermique

2.2.1. Impacts pour le consommateur final

La faisabilité et l'efficacité de la mise en œuvre du règlement proposée dépendent en grande partie de l'intérêt économique des mesures préconisées sur l'enveloppe pour le consommateur final. Il est donc nécessaire d'analyser les avantages et les inconvénients de ces dispositions pour le consommateur final.

2.2.1.1. Impact sur les besoins thermiques en chauffage et climatisation

Le respect des exigences du règlement thermique proposé pour les bâtiments résidentiels devrait permettre une réduction significative des besoins thermiques en chaleur et en froid par rapport à la situation de référence, comme le montre le graphique ci-après.

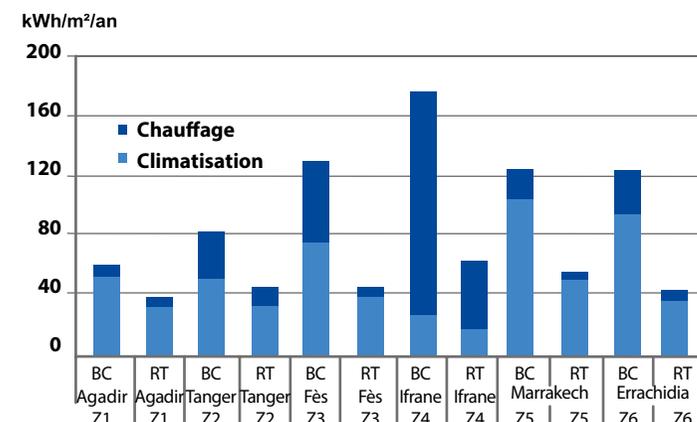


Figure 14. Comparaison cas de base (BC) et règlement thermique (RT) : bâtiment résidentiel (Ti = 26 °C en été) en fonction de la zone climatique

Les gains annuels en chauffage et climatisation varient de 25 kWh/m²/an dans la zone climatique représentée par Agadir à 116 kWh/m²/an dans la zone froide représentée par Ifrane. Il est à noter que, compte tenu de la nature générale du climat au Maroc, les gains en chauffage sont en général plus importants que ceux pour la climatisation sauf dans le cas des zones à climat chaud, comme Marrakech et Errachidia.

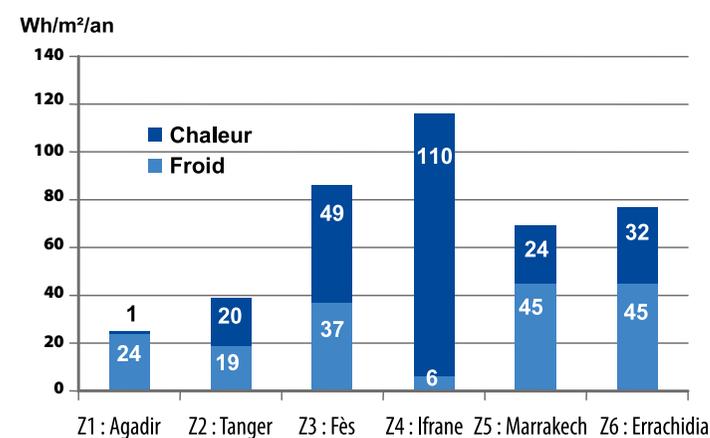


Figure 15. Gains en besoins de chaleur et en froid selon les zones climatiques

2. Le règlement thermique dans le secteur de l'habitat

En termes relatifs, l'application du règlement thermique devrait permettre des gains de 40 % à 65 % selon les zones climatiques par rapport à la situation de référence, comme le montre le graphique ci-après.

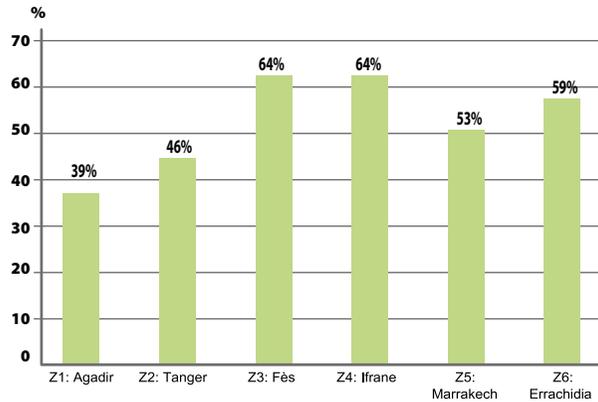


Figure 16. Impacts du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments résidentiels ($T_i = 26\text{ °C}$ en été) au Maroc (% de réduction)

Si le ménage chauffe et/ou climatise ces gains se traduiront par une économie sur la consommation d'énergie finale. Si le ménage ne se chauffe pas ou ne climatise pas, l'application du règlement thermique se traduira par une amélioration du confort thermique.

2.2.1.2. Impact sur la consommation d'énergie finale

Les exigences du règlement thermique permettent de réaliser des économies d'énergie finale pour le consommateur d'environ 22 kWh par an et par m^2 de bâtiment couvert⁽⁴⁾. Ces économies varient de 8 kWh/ m^2 /an (zone Z1) à 75 kWh/ m^2 /an (zone Z4) selon les zones climatiques.

Ces économies ont été évaluées en tenant compte des modes prépondérants de chauffage et de climatisation dans les différentes régions du Maroc et des rendements moyens des équipements utilisés.

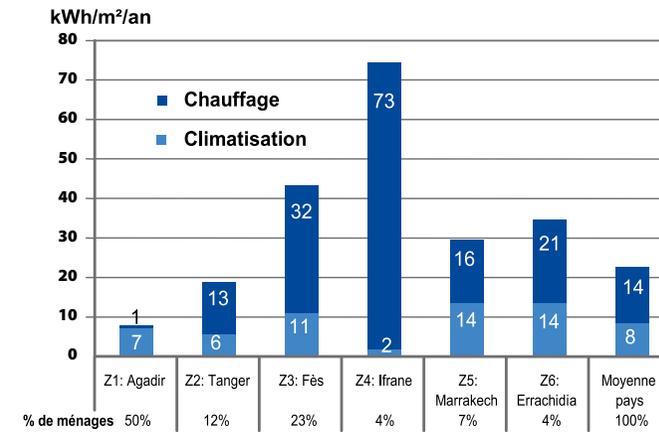


Figure 17. Économie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques

2.2.1.3. Impact sur la facture énergétique du consommateur final

Compte tenu des tarifs actuels de l'énergie, ces économies impliquent pour le consommateur final un gain sur la facture énergétique relative au chauffage et la climatisation.

Ce gain est estimé en moyenne à 18 Dh/ m^2 /an et varie de 11 Dh/ m^2 /an dans la zone Z1 qui représente plus de 50 % des habitations à 30 Dh/ m^2 /an dans la zone Z4 qui n'en représente que 4 %.

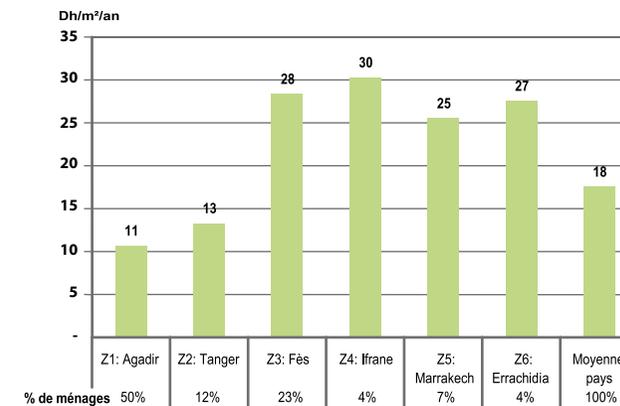


Figure 18. Gains sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques

4 Moyenne pondérée selon la répartition actuelle de l'habitat selon les zones climatiques

2.2.1.4. Surcoût lié au respect du règlement

Le respect des spécifications techniques du règlement, implique un surcoût d'investissement moyen d'environ 112 Dh/m², soit en moyenne 3,2 % du coût moyen de construction ⁽⁵⁾.

Ce surcoût est plus ou moins élevé selon les zones et selon la catégorie d'habitats compte tenu de la différence des mesures à mettre en place. Il varie ainsi de 43 Dh/m² dans la zone d'Agadir pour les appartements de type standing à 315 Dh/m² pour les villas économiques dans les zones d'Ifrane et Fès.

En terme relatif, ce surcoût représente un pourcentage du coût de construction particulièrement élevé pour la catégorie de logements économiques, notamment en dehors du littoral (Z1 et Z2).

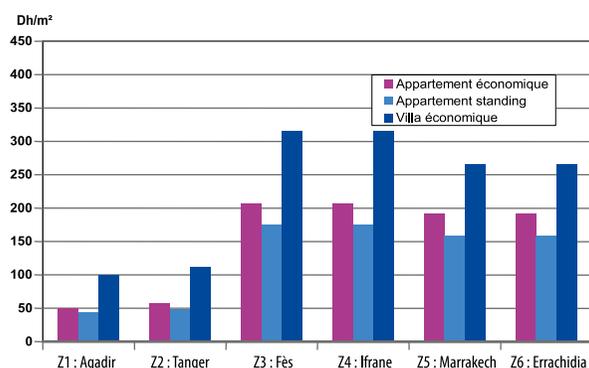


Figure 19. Surcoût d'investissement engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques

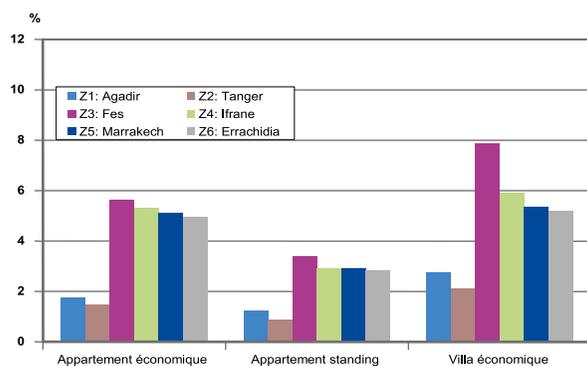


Figure 20. % de surcoût d'investissement dû au RTCM selon la catégorie de logement et la région

5 Moyenne pondérée selon la répartition actuelle de l'habitat selon les zones climatiques

2.2.1.5. Rentabilité du règlement thermique pour le consommateur

Pour le consommateur final la rentabilité économique des mesures prévues par le règlement déterminera sensiblement le degré d'applicabilité du règlement.

Cette rentabilité peut être appréciée à travers l'indicateur du temps de retour brut qui est le nombre d'années nécessaires pour couvrir le surcoût d'investissement par le gain annuel sur la facture d'énergie.

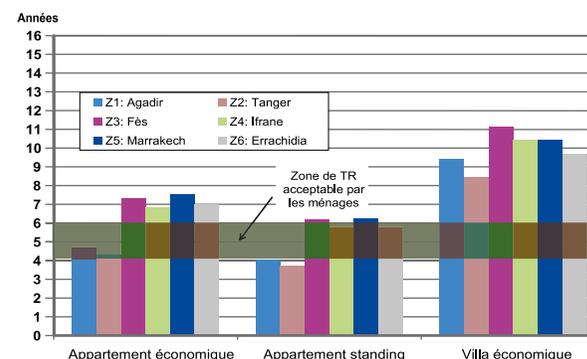


Figure 21. Temps de retour pour le consommateur final selon la zone et la catégorie d'habitat

En moyenne sur l'ensemble du pays, le temps de retour pondéré par le poids des zones et le poids des catégories d'habitats est d'environ 6,5 années, ce qui reste à la limite de la zone de décision favorable à l'investissement pour la grande partie des ménages.

Le temps de retour pour le consommateur final varie selon les zones climatiques et catégories de logements. Comme le montre le graphique ci-après, les rentabilités les plus faibles sont attendues particulièrement dans les zones intérieures (en dehors du littoral). Pour les catégories de logements, le résidentiel collectif économique et les villas économiques ont la rentabilité la plus faible vis-à-vis du règlement thermique.

En conclusion, l'attractivité économique du règlement thermique reste mitigée pour certains segments de marché de l'habitat, particulièrement dans les zones intérieures du pays (Z3, Z4, Z5 et Z6), puisque le temps de retours des mesures réglementaires pour le consommateur final dépasse la frange de la rentabilité minimale habituellement acceptable par les ménages.

2.2.2. Impacts pour l'État et la Collectivité

Les impacts de la mise en œuvre du règlement thermique pour la Collectivité et l'État peuvent être mesurés à plusieurs niveaux :

2. Le règlement thermique dans le secteur de l'habitat

- réduction de la facture d'approvisionnement énergétique pour le pays grâce aux économies d'énergie primaire;
- gains en investissements publics grâce aux capacités de production électrique évitées suite à la réduction de la demande de charge de climatisation;
- gains en subventions accordées aux énergies conventionnelles substituées (notamment le GPL);
- réduction des émissions de gaz à effet de serre, ce qui renforce la contribution du Maroc à la lutte contre les changements climatiques.

2.2.2.1. Gain en énergie primaire

Le gain en énergie primaire pour le pays s'élèverait en moyenne à 3 kgep/m²/an.

Ils varient selon les caractéristiques climatiques des zones: de 2 kgep/m²/ an dans les zones Z1 et Z2 à 7 kgep/m²/an dans la zone d'Ifrane.

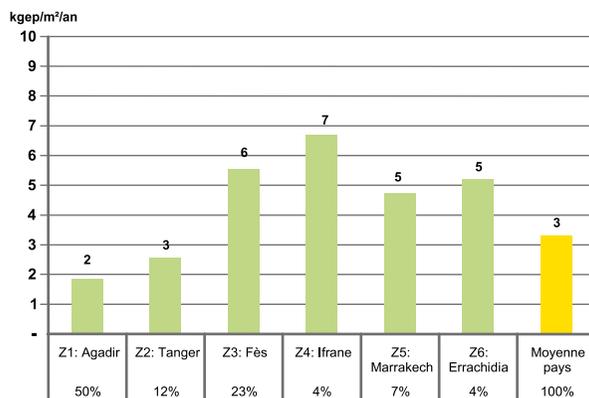


Figure 22. Gain en énergie primaire selon la zone climatique

2.2.2.2. Gain en puissance électrique installée

En termes de consommation électrique, la mise en œuvre du Règlement Thermique de Construction au Maroc permettra d'éviter une consommation moyenne de 24 W/m², ce qui correspond à un investissement pour la construction de capacités additionnelles de production électrique de l'ordre de 200 à 240 Dh/m² d'habitat traité.

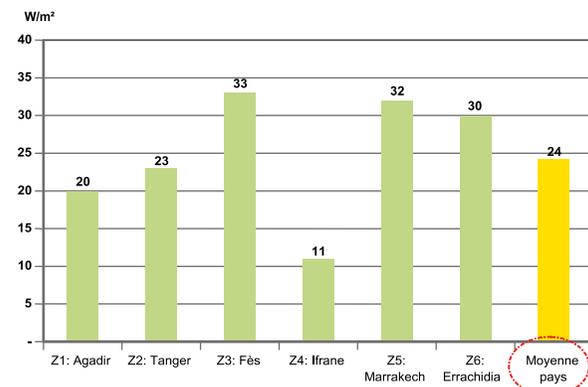


Figure 23. Puissance électrique évitée selon la zone climatique

Le développement de la climatisation constituera au Maroc un enjeu futur important compte tenu des évolutions observées ces dernières années sur le marché des appareils de climatisation. Il résulte de l'amélioration du niveau de vie des ménages et de leur aspiration à des standards de confort plus exigeants. Le graphique suivant, construit à partir des informations collectées de diverses sources, notamment les plus importants distributeurs d'équipements électroménagers, illustre cette forte évolution. En 2009, on comptait environ 200 000 climatiseurs écoulés sur le marché marocain.

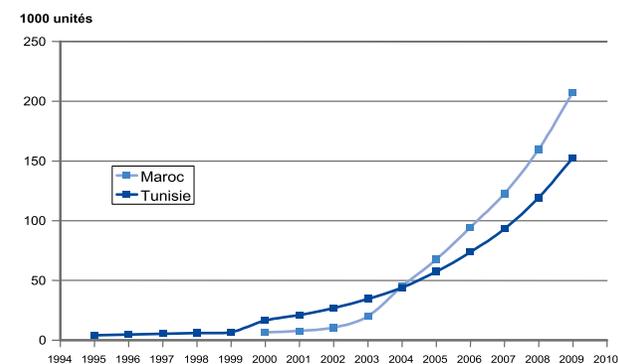


Figure 24. Estimation de l'évolution du marché annuel de la climatisation au Maroc et en Tunisie

Ce développement induira progressivement une transformation structurelle de la courbe de charge électrique nationale avec l'accroissement rapide de la pointe de charge de jour en été due à la climatisation, comme cela est observé en Tunisie depuis une dizaine d'années.

L'observation de l'évolution de la courbe de charge marocaine, montre bien les prémisses d'un tel phénomène, avec une petite de pointe qui commence à apparaître pendant la journée type d'été.

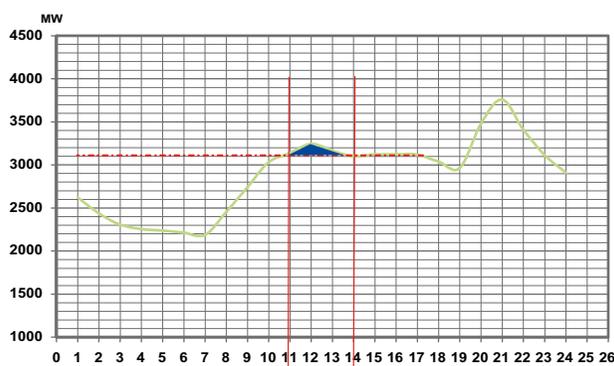


Figure 25. Pointe annuelle du 30 août 2008

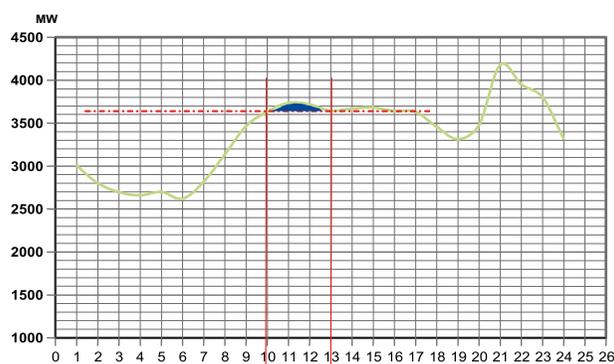


Figure 26. Pointe annuelle du 1er juillet 2008

2.2.2.3. Gain en subventions publiques aux énergies conventionnelles déplacées

Les prix au consommateur de certains produits énergétiques sont subventionnés par le gouvernement pour des raisons sociales ou économiques.

Les économies de consommation de ces produits permettent d'éviter des subventions publiques pour l'État.

Le montant de la subvention publique pour un produit donné peut être estimé par le différentiel entre le coût d'approvisionnement du produit sur le marché international et le prix au consommateur final.

Les produits énergétiques évités par les mesures d'isolation liées au règlement thermique dans les bâtiments résidentiels sont essentiellement le GPL conditionné (bouteille de butane) utilisé pour le chauffage et l'électricité consommée notamment pour la climatisation.

Pour les gains en subventions publiques accordées aux énergies conventionnelles, il a été considéré seulement les subventions aux GPL, en supposant que l'électricité reflète la vérité des prix. Dans ce cas, les subventions évitées dépendent du niveau du prix international du pétrole, en considérant que le prix intérieur du GPL reste administré.

Le graphique ci-après présente le niveau de subventions évitées par l'État en fonction du prix du pétrole pour 1 m² chauffé respectant le règlement thermique.

Par exemple, pour un prix de pétrole à 80 \$/baril, la subvention actuelle de l'État pour le chauffage de 1 m² de logement chauffé par le GPL est estimée à environ 5 Dh/m²/an. Cette subvention doublerait pour un prix du baril à 120 \$.

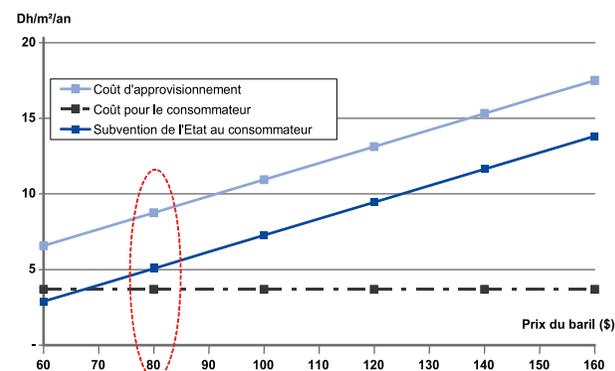


Figure 27. Subvention publique accordée pour le chauffage de 1 m² de logement par le GPL selon le prix international du pétrole

2.3 Prospective des impacts

2.3.1. Prévision du nouveau parc de logements urbains

La prévision du nouveau parc de logements urbains a été effectuée en se basant sur les programmes projetés de l'État en matière de construction à court et moyen terme ainsi que sur les prospectives de la Direction Nationale des Statistiques du Haut-Commissariat au Plan.

Le parc qui sera construit sur les 20 prochaines années est estimé à environ 3 millions d'unités, comme le montre le graphique ci-après.

2. Le règlement thermique dans le secteur de l'habitat

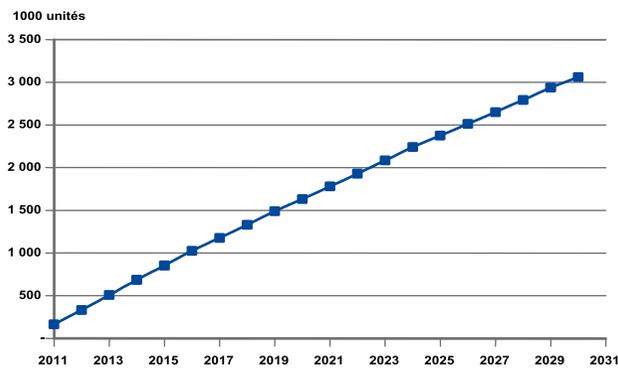


Figure 28. Nouveau parc cumulé à partir de 2011

2.3.2. Agrégation des économies d'énergie primaire

Les économies d'énergie primaire réalisées au niveau de chaque logement respectant le règlement thermique sont agrégées sur l'ensemble du nouveau parc. Cette agrégation tient compte des hypothèses d'évolution du taux de pénétration du chauffage et de la climatisation au Maroc, qui sont élaborées sur la base de l'analyse rétrospective et du benchmarking avec d'autres pays similaires.

L'analyse montre que les économies annuelles d'énergie atteindront 1,2 Mtep d'énergie primaire à l'horizon de 20 ans (2030), comme le montre le graphique ci-après

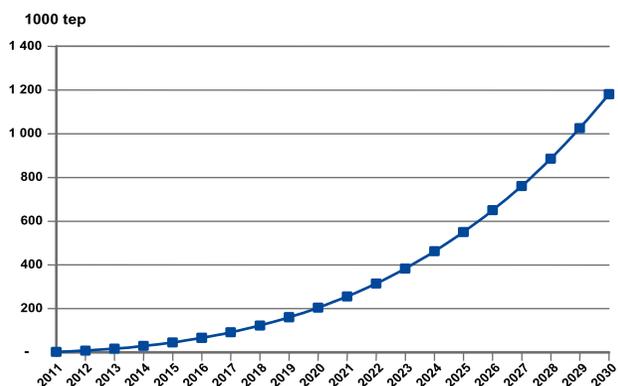


Figure 29. Gains annuels en énergie primaire

Les gains cumulés sur la durée de vie des mesures d'efficacité énergétique mises en place (minimum 30 ans), sont estimés à environ 20 Mtep, soit environ 5 fois la consommation annuelle actuelle de tout le secteur du bâtiment.

Le coût de la tep d'énergie primaire économisée serait dans ce cas d'environ 1 100 Dh/tep à comparer au coût d'approvisionnement de la tep de GPL sur le marché international qui est de l'ordre de 5 600 Dh pour un prix du pétrole brut de 80 \$.

2.3.3. Capacités électriques évitées

L'agrégation de la réduction des puissances des climatiseurs au niveau des bâtiments résidentiels suite à l'application du règlement thermique permettra à long terme d'éviter à la compagnie d'électricité la construction de capacités électriques additionnelles.

Cette capacité évitée cumulée serait de 370 MW à l'horizon des 10 prochaines années et 1 300 MW à l'horizon de 20 ans.

La valeur économique de cette capacité évitée est d'autant plus importante qu'elle interviendra certainement en période de pointe de charge d'été due à la climatisation comme déjà observé en Tunisie depuis une dizaine d'années.

En terme financier, les investissements différés suite aux gains en capacités peuvent être estimés à environ 4 150 MDh en 10 ans et 14 600 MDh à horizon 2030.

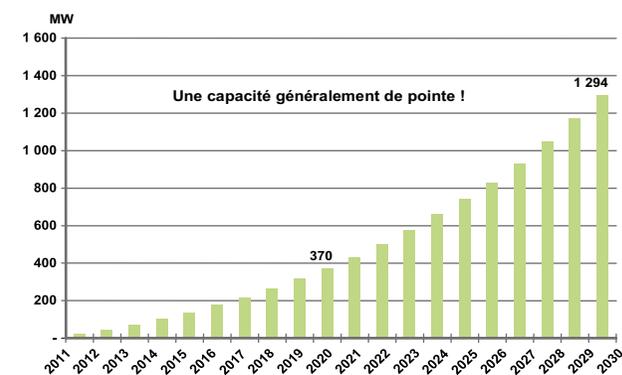


Figure 30. Puissance électrique évitée par la mise en œuvre du règlement thermique

2.3.4. Les subventions évitées

Dans l'hypothèse d'un prix moyen du baril de pétrole à 80 \$ et d'un tarif intérieur du butane conditionné qui resterait fixe, les subventions évitées par l'État à ce produit énergétique seraient d'environ 177 MDh à l'horizon 2030. Les gains cumulés sur les 20 ans sont estimés à près 1 340 MDh.

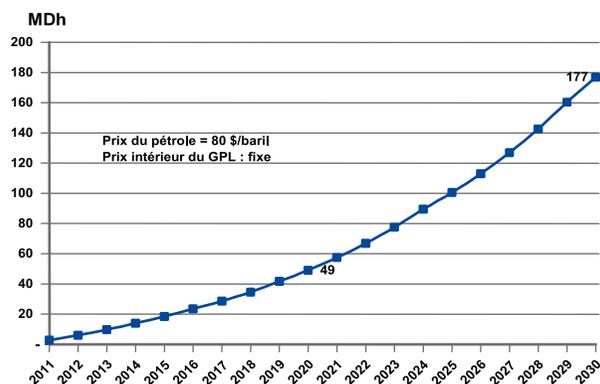


Figure 31. Subventions annuelles évitées par l'État

2.3.5. Les externalités positives

› Émissions évitées de CO₂ :

En tenant compte des facteurs d'émission considérés au Maroc pour les combustibles et pour le réseau électrique, les émissions évitées cumulées sur la période des 20 prochaines années seraient d'environ 20 MteCO₂.

› La création d'emplois et d'opportunités :

La mise en place du règlement permettra la création d'environ 18 000 emplois permanents à l'horizon 2030 et générera un volume d'affaires supplémentaires pour les entreprises marocaines de plus de 20 milliards de Dh.

Tableau 6. Créations d'emploi et volumes d'affaire

	2011	2015	2020	2025	2030
Emplois directs permanents créés	906	4 926	9 470	13 801	17 801
Volume d'investissement cumulé (MDh)	1 047	5 694	10 948	15 954	20 579



3.

LE RÈGLEMENT THERMIQUE DANS LE SECTEUR TERTIAIRE

3.

Le règlement thermique dans le secteur tertiaire

Le règlement thermique proposé cible de manière spécifique les quatre grandes branches du secteur tertiaires à savoir :

- › les bâtiments administratifs ;
- › les établissements scolaires ;
- › les bâtiments hospitaliers ;
- › les établissements hôteliers.

Les spécifications techniques du règlement et ses impacts sont présentés pour chacune des branches.

3.1 Spécifications techniques

3.1.1. Approche performancielle

Selon l'approche performancielle, les spécifications techniques minimales de performance thermique des bâtiments sont fixées par le RTCM comme suit :

Tableau 7. Besoins spécifiques thermiques annuels maximaux de chauffage et de climatisation dans le secteur tertiaire en kWh/m²/an

	Écoles	Administrations	Hôpitaux	Hôtels
Agadir Z1	44	45	72	48
Tanger Z2	50	49	73	52
Fès Z3	61	49	68	66
Ifrane Z4	80	35	47	34
Marrakech Z5	65	56	92	88
Errachidia Z6	67	58	93	88

3.1.2. Approche prescriptive

Les spécifications techniques prescriptives sont exprimées de la même manière pour l'ensemble du secteur tertiaire dans un but de simplification de la mise en œuvre du règlement thermique. Ces spécifications prescriptives se présentent en fonction des zones comme indiqué dans le tableau ci-après.

Les résistances thermiques présentées dans ce tableau sont exclusivement celles du matériau d'isolation, à l'exclusion expresse des films d'air intérieur ainsi que de la résistance thermique du sol et des autres composantes de la dalle.

Tableau 8. Les exigences limites réglementaires des caractéristiques thermiques de l'enveloppe des bâtiments à usage de bureaux

	Taux des baies vitrées TGBV	U des toitures exposées (W/m ² .K)	U des murs extérieurs (W/m ² .K)	U des vitrages (W/m ² .K)	R minimale des planchers sur sol (m ² .K/W)	Facteur Solaire FS* des vitrages
Zone climatique réglementaire Z1 (Réf. Agadir)	≤ 15 %	≤ 0,75	≤ 1,20	≤ 5,80	NE	NE
	16-25 %	≤ 0,65	≤ 1,20	≤ 5,80	NE	Nord : NE Autres : ≤ 0,7
	26-35 %	≤ 0,65	≤ 1,20	≤ 3,30	NE	Nord : NE Autres : ≤ 0,5
	36-45 %	≤ 0,55	≤ 1,20	≤ 3,30	NE	Nord : ≤ 0,7 Autres : ≤ 0,3
Zone climatique réglementaire Z2 (Réf. Tanger)	≤ 15 %	≤ 0,65	≤ 0,80	≤ 5,80	NE	NE
	16-25 %	≤ 0,65	≤ 0,80	≤ 3,30	NE	Nord : NE Autres : ≤ 0,7
	26-35 %	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 3,30	NE	Nord : NE Autres : ≤ 0,5
	36-45 %	≤ 0,55	≤ 0,60	≤ 2,60	NE	Nord : ≤ 0,7 Autres : ≤ 0,3
Zone climatique réglementaire Z3 (Réf. Fès)	≤ 15 %	≤ 0,65	≤ 0,80	≤ 3,30	≥ 0,75	NE
	16-25 %	≤ 0,65	≤ 0,80	≤ 3,30	≥ 0,75	Nord : NE Autres : ≤ 0,7
	26-35 %	≤ 0,55	≤ 0,70	≤ 2,60	≥ 0,75	Nord : NE Autres : ≤ 0,5
	36-45 %	≤ 0,49	≤ 0,60	≤ 1,90	≥ 0,75	Nord : ≤ 0,7 Autres : ≤ 0,5
Zone climatique réglementaire Z4 (Réf. Ifrane)	≤ 15 %	≤ 0,55	≤ 0,60	≤ 3,30	≥ 1,25	NR
	16-25 %	≤ 0,55	≤ 0,60	≤ 3,30	≥ 1,25	Nord : NE Autres : ≤ 0,7
	26-35 %	≤ 0,49	≤ 0,60	≤ 2,60	≥ 1,25	Nord : ≤ 0,7 Autres : ≤ 0,6
	36-45 %	≤ 0,49	≤ 0,55	≤ 1,90	≥ 1,25	Nord : ≤ 0,6 Autres : ≤ 0,5

Zone climatique réglementaire Z5 (Réf. Marrakech)	≤ 15 %	≤ 0,65	≤ 0,80	≤ 3,30	≥ 1,00	NR
	16-25 %	≤ 0,65	≤ 0,70	≤ 3,30	≥ 1,00	Nord: NE Autres: ≤ 0,7
	26-35 %	≤ 0,55	≤ 0,60	≤ 2,60	≥ 1,00	Nord: ≤ 0,6 Autres: ≤ 0,4
	36-45 %	≤ 0,49	≤ 0,55	≤ 1,90	≥ 1,00	Nord: ≤ 0,5 Autres: ≤ 0,3
Zone climatique réglementaire Z6 (Réf. Errachidia)	≤ 15 %	≤ 0,65	≤ 0,80	≤ 3,30	≥ 1,00	NE
	16-25 %	≤ 0,65	≤ 0,70	≤ 3,30	≥ 1,00	Nord: NE Autres: ≤ 0,7
	26-35 %	≤ 0,55	≤ 0,60	≤ 2,60	≥ 1,00	Nord: ≤ 0,6 Autres: ≤ 0,4
	36-45 %	≤ 0,49	≤ 0,55	≤ 1,90	≥ 1,00	Nord: ≤ 0,5 Autres: ≤ 0,3

NE: Pas d'exigence.

Pour la résistance thermique minimale des planchers bas l'obligation se limite aux dalles constituant le sol des espaces climatisés ou chauffés. Les dalles sur le sol doivent être isolées avec une épaisseur d'isolation thermique procurant une résistance thermique telle qu'indiquée dans le tableau.

Les planchers bas sur pilotis exposés à l'air extérieur seront traités comme les toitures

3.2 Impacts sociaux économiques, énergétiques et environnementaux attendus du règlement thermique

3.2.1. Les bâtiments administratifs

3.2.1.1. Impacts pour l'établissement

Impact sur les besoins thermiques en chauffage et climatisation:

Les simulations thermiques montrent que les gains en besoins thermiques pour le chauffage et la climatisation dans les bâtiments administratifs varient selon les zones climatiques de 52 % à 74 % par rapport à la situation de référence, comme le montrent les graphiques suivants:

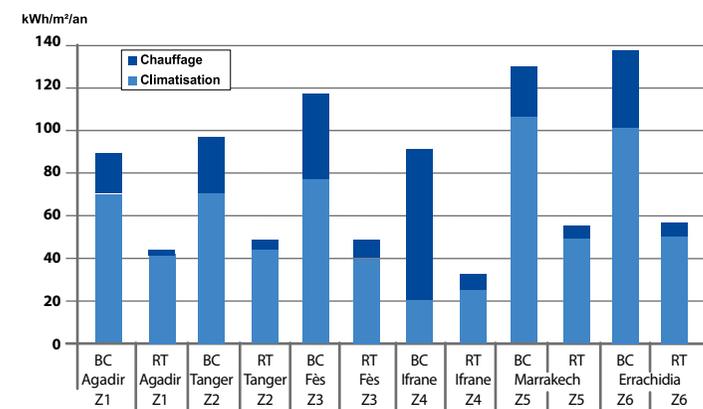


Figure 32. Comparaison cas de base (BC) et règlement thermique (RT) : bâtiment administratif (Ti = 26 °C en été) en fonction de la zone climatique

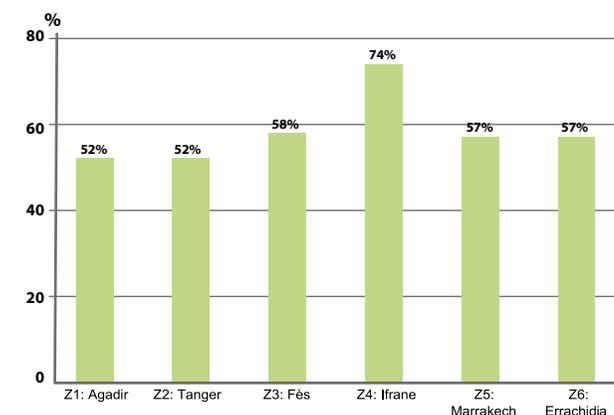


Figure 33. Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments administratifs au Maroc (% de réduction)

Les gains les plus importants sont observés dans les zones froides comme Ifrane et Fès.

Impact sur la consommation d'énergie finale:

En tenant compte des modes de chauffage et de climatisation ainsi que des rendements des équipements d'usage, le gain en énergie finale pour les bâtiments administratifs varie, en fonction de la zone climatique, de 31 kWh/m²/an à 52 kWh/m²/an.

3. Le règlement thermique dans le secteur tertiaire

Compte tenu du profil d'occupation du bâtiment, les économies en chauffage sont les plus importantes.

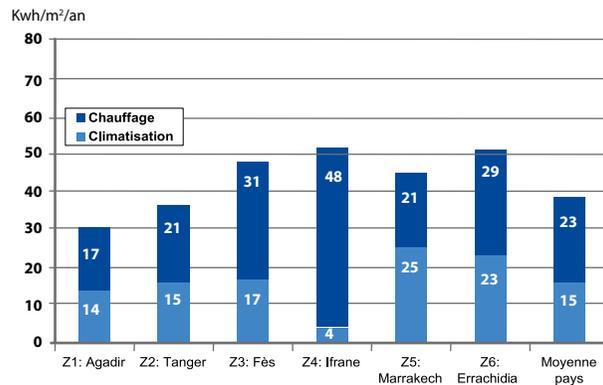


Figure 34. Économie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques : bâtiments administratifs.

Impact sur la facture énergétique de l'établissement :

Les économies d'énergie se traduisent par un gain conséquent sur la facture énergétique de l'établissement. Il se situe en moyenne à 34 Dh/m²/an et varie de 30 à 50 Dh/m²/an suivant la zone climatique.

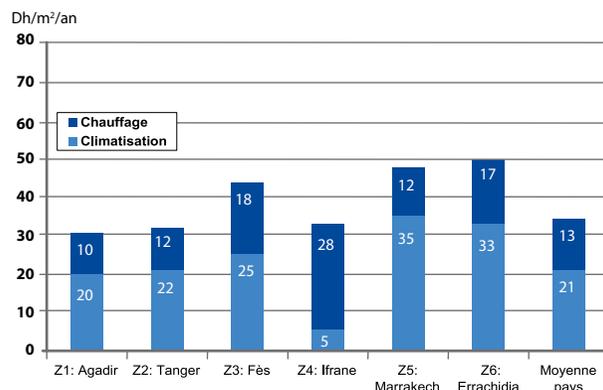


Figure 35. Gain sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques : bâtiments administratifs.

Surcoût lié au respect du règlement :

Le surcoût lié au règlement thermique dans les bâtiments administratifs se situe en moyenne à 83 Dh/m², soit environ 1,3 %. Ce surcoût varie de 27 Dh/m² dans la zone Z1 à 177 Dh/m² dans les zones d'Ifrane et Fès, comme le montrent les

graphiques ci-après. En termes relatifs, ces surcoûts varient de 0,42 % à 2,72 % du coût de la construction.

Tableau 9. Surcoût pour les bâtiments administratifs en %

Z1	Agadir	0,42
Z2	Tanger	0,46
Z3	Fès	2,72
Z4	Ifrane	2,62
Z5	Marrakech	2,48
Z6	Errachidia	2,48

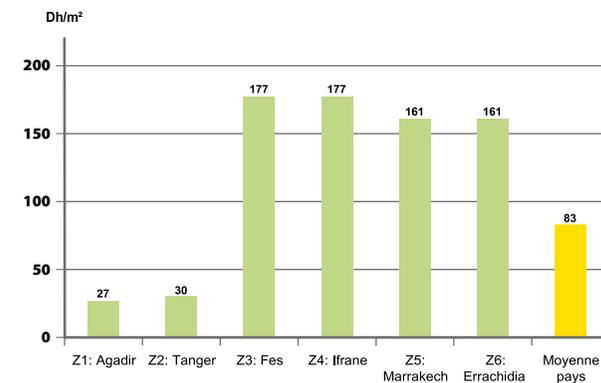


Figure 36. Surcoûts d'investissement moyens engendrés par le règlement thermique selon les zones climatiques : administration

Rentabilité du règlement thermique pour l'établissement :

Le temps de retour de l'application du règlement thermique pour l'établissement se situe en moyenne à 2,5 ans et varie selon la zone de 1 an à plus de 5 ans dans la région d'Ifrane.

Le règlement thermique est rentable pour les bâtiments d'administration, avec quelques petites contraintes dans la zone d'Ifrane et Fès.

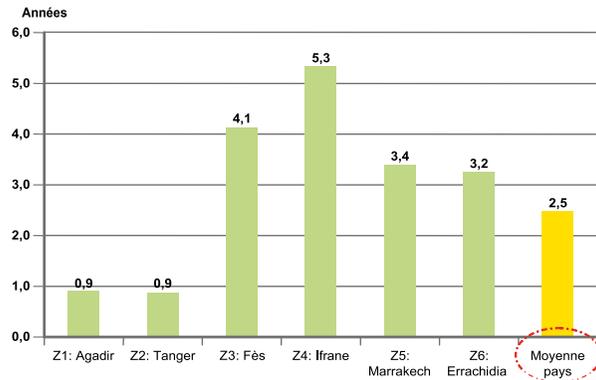


Figure 37. Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique: bâtiment administratif

3.2.1.2. Impacts pour l'État et la Collectivité

Gain en énergie primaire

Le gain en énergie primaire est estimé en moyenne à 6 kgep/m²/an et varie selon les zones de 4,5 à 8,5 kgep/m²/an. À cause des réductions dues à la climatisation, les gains les plus importants sont obtenus dans les zones chaudes de Marrakech et Errachidia.

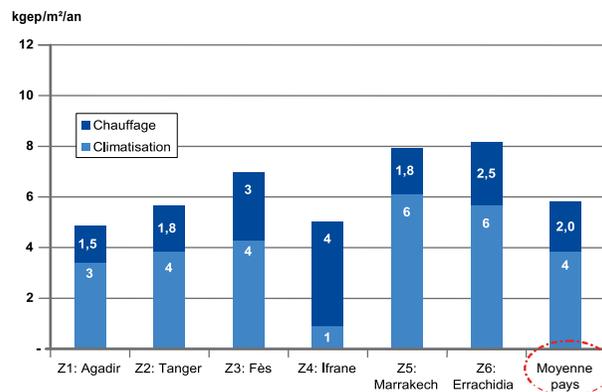


Figure 38. Gain en énergie primaire selon la zone climatique: administration

Gain en puissance électrique installée:

L'application du règlement thermique se traduit par une réduction significative de la demande de puissance électrique pour la climatisation. Elle se situe autour de 12 W/m².

Les gains les plus importants sont observés dans les zones climatiques de Fès, Marrakech et Errachidia, comme le montre le graphique ci-après.

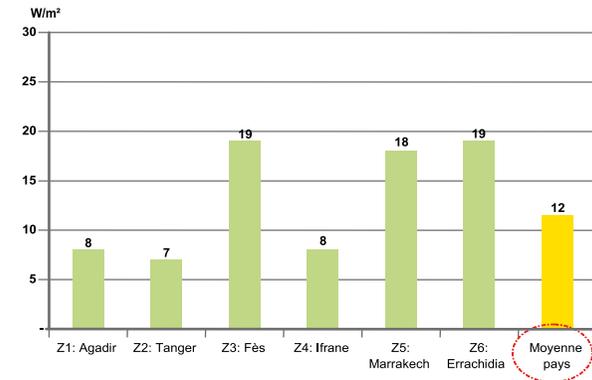


Figure 39. Puissance électrique évitée selon la zone climatique: bâtiment administratif

Émissions de CO₂ évitées:

Les émissions de CO₂ évitées sont estimées en moyenne à 16 kgeCO₂ par m² et par an.

3.2.2. Les établissements scolaires

3.2.2.1. Impacts pour l'établissement

Impact sur les besoins thermiques en chauffage et climatisation:

Le gain en besoins thermiques pour le chauffage et la climatisation dans les bâtiments à usage scolaire varie selon les zones climatiques de 45% à 73% par rapport à la situation de référence, comme le montrent les graphiques suivants:

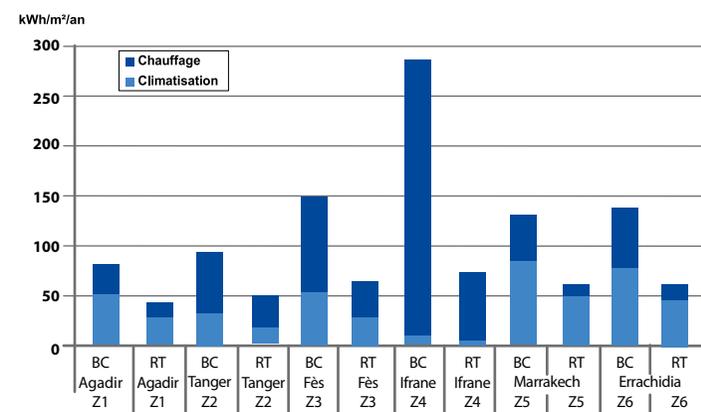


Figure 40. Comparaison cas de base (BC) et règlement thermique (RT): bâtiment scolaire (Ti = 26 °C en été) en fonction de la zone climatique

3. Le règlement thermique dans le secteur tertiaire

Les gains les plus importants sont observés dans les zones froides comme Ifrane, puis Fès.

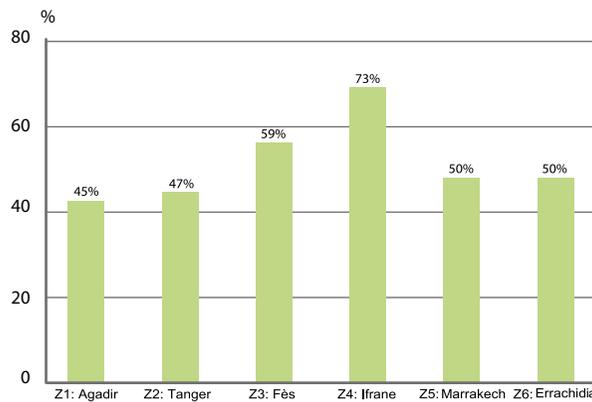


Figure 41. Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments scolaires au Maroc (% de réduction)

Impact sur la consommation d'énergie finale:

En tenant compte des modes de chauffage et de climatisation ainsi que des rendements des équipements d'usage, le gain en énergie finale pour les bâtiments scolaires se situe en moyenne à 48 kWh/m²/an.

Ils varient de 23 kWh/m²/an à 202 kWh/m²/an en fonction de la zone climatique.

Compte tenu du profil d'occupation de ces bâtiments, les économies en chauffage sont les plus importantes.

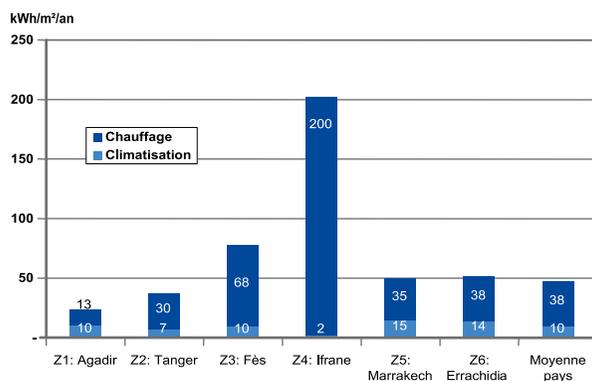


Figure 42. Économie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques: établissements scolaires

Impact sur la facture énergétique de l'établissement:

Les économies d'énergie se traduisent par un gain sur la facture énergétique de l'établissement. Il se situe en moyenne à 34 Dh/m²/an et varie de 23 à 119 Dh/m²/an en fonction des zones.

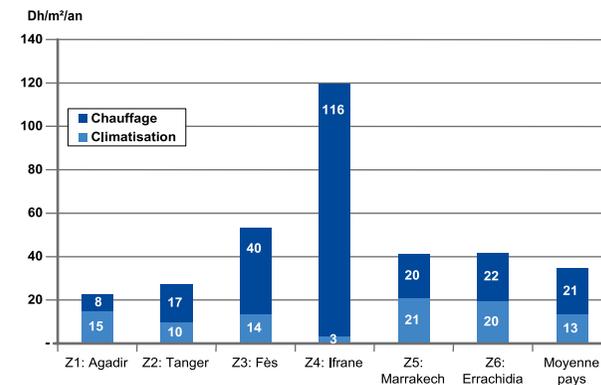


Figure 43. Gain sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques: établissements scolaires

Surcoût lié au respect du règlement:

Le surcoût lié au règlement thermique dans les établissements scolaires se situe en moyenne à 128 Dh/m², soit environ 2,25 %. Ce surcoût varie de 77 Dh/m² dans la zone Z1 à 209 Dh/m² dans les zones d'Ifrane et Fès, comme le montre le graphe ci-après.

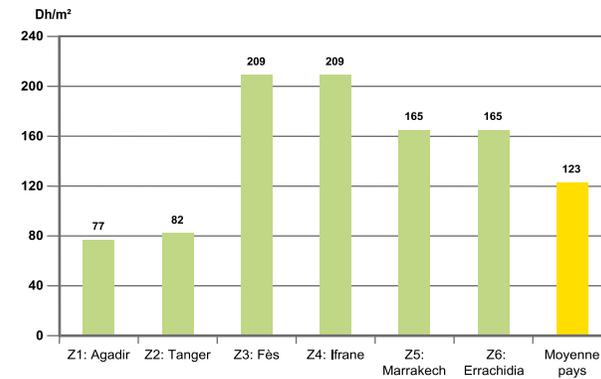


Figure 44. Surcoût d'investissement moyen engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques: établissements scolaires

En termes relatifs, ces surcoûts varient de 1,93 % à 5,23 % du coût de la construction.

Tableau 10. Surcoût pour les établissements scolaires en %

Z1	Agadir	1,93
Z2	Tanger	2,05
Z3	Fès	5,23
Z4	Ifrane	5,23
Z5	Marrakech	4,13
Z6	Errachidia	4,13

› Rentabilité du règlement thermique pour l'établissement:

Le temps de retour de l'application du règlement thermique pour l'établissement se situe en moyenne à 3,6 années et varie de 3,4 ans dans la zone Z1 à 4 ans dans la région d'Ifrane et Fès.

Le règlement thermique est rentable pour les bâtiments scolaires et devrait être développé sur une base spontanée par le Ministère en charge de l'Éducation Nationale.

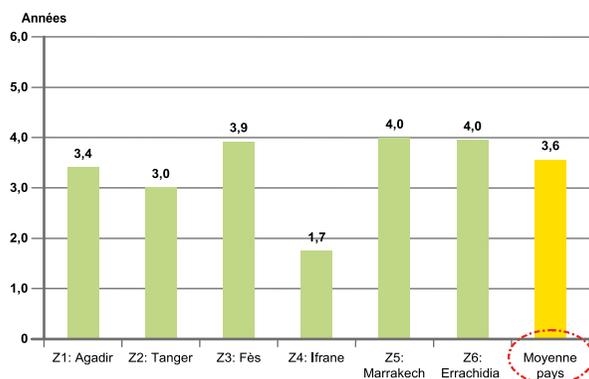


Figure 45. Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique: établissements scolaires

3.2.2.2. Impacts pour l'État et la Collectivité

› Gain en énergie primaire:

Le gain en énergie primaire est estimé en moyenne à 5,2 kgep/m²/an et varie selon les zones de 4 à 18 kgep/m²/an. Les gains les plus importants sont obtenus dans les zones froides, comme Ifrane et Fès.

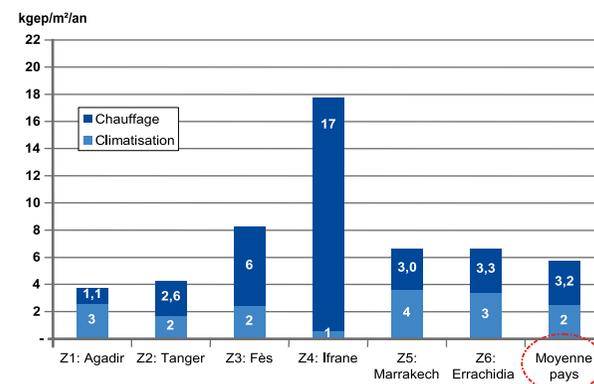


Figure 46. Gain en énergie primaire selon la zone climatique: Établissements scolaires

› Gain en puissance électrique installée:

La réduction en demande de puissance électrique pour la climatisation se situe autour de 31 W/m². Les gains les plus importants sont observés dans les zones climatiques chaudes de Marrakech et Errachidia, comme le montre le graphique ci-après.

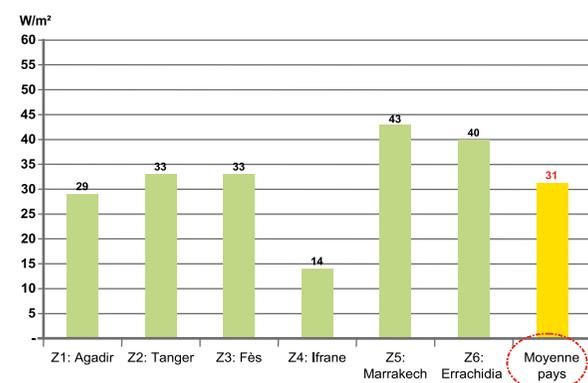


Figure 47. Puissance électrique évitée selon la zone climatique: établissements scolaires

› Émissions de CO₂ évitées:

Les émissions de CO₂ évitées sont estimées en moyenne à 16 kgeCO₂ par m² et par an.

3. Le règlement thermique dans le secteur tertiaire

3.2.3. Bâtiments hospitaliers

3.2.3.1. Impacts pour l'établissement

Impact sur les besoins thermiques en chauffage et climatisation;

Le gain en besoins thermiques pour le chauffage et la climatisation dans les bâtiments hospitaliers varie selon les zones climatiques de 40 % à 73 % par rapport à la situation de référence, comme le montrent les graphiques suivants :

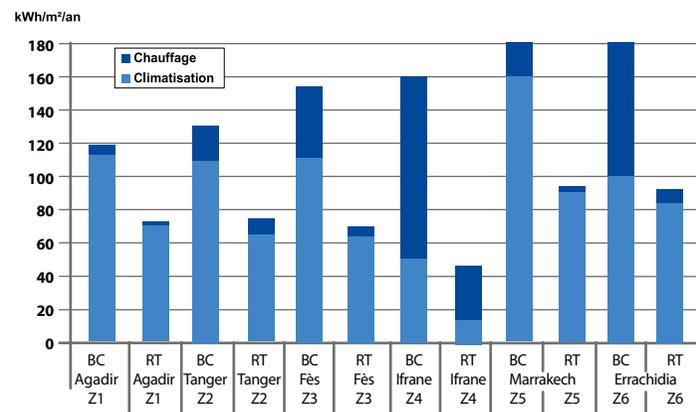


Figure 48. Comparaison cas de base (BC) et règlement thermique (RT) : bâtiment hospitalier (Ti = 26% en été) en fonction de la zone climatique

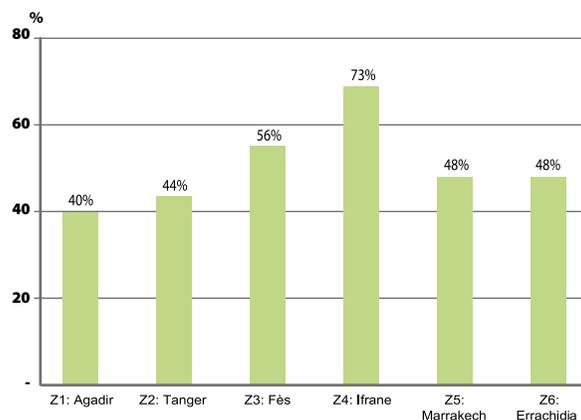


Figure 49. Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments hospitaliers au Maroc (% de réduction)

Les gains les plus importants sont observés dans la zone d'Ifrane.

Impact sur la consommation d'énergie finale:

En tenant compte des modes de chauffage et de climatisation ainsi que des rendements des équipements d'usage, le gain en énergie finale pour les bâtiments hospitaliers se situe en moyenne à 39 kWh/m²/an dont 22 kWh pour la climatisation.

Ce gain varie en fonction de la zone climatique 23 kWh/m²/an à 115 kWh/m²/an dans la région représentée par Ifrane.

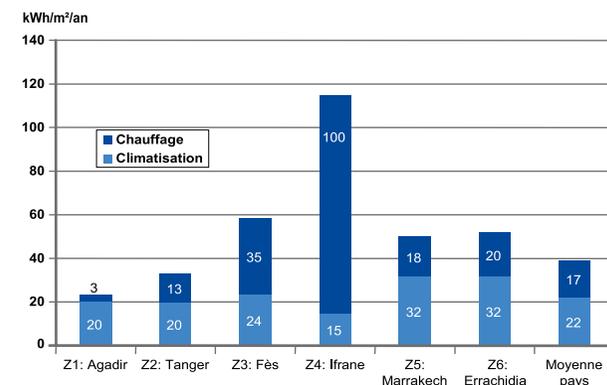


Figure 50. Économie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques : bâtiment hospitalier

Impact sur la facture énergétique de l'établissement:

Les économies d'énergie se traduisent par des gains conséquents sur la facture énergétique de l'établissement. Ils se situent en moyenne à 40 Dh/m²/an.

Ces économies varient en fonction des zones de 31 à 80 Dh/m²/an dans la zone d'Ifrane.

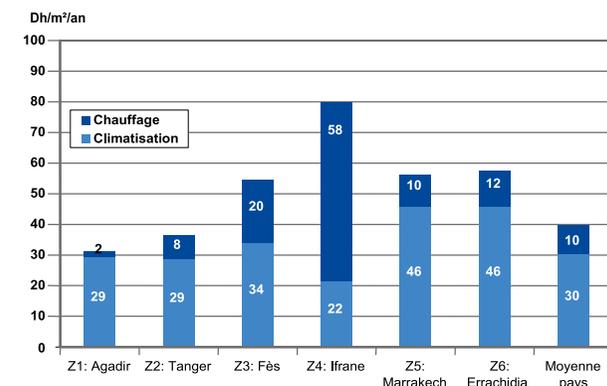


Figure 51. Gain sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques : bâtiment hospitalier

Surcoût lié au respect du règlement:

Le surcoût lié au règlement thermique dans les bâtiments hospitaliers se situe en moyenne à 64 Dh/m², soit environ 1,72 %.

Ce surcoût varie entre 42 Dh/m² dans la zone Z1 à 106 Dh/m² dans les zones d'Ifrane et Fès, comme le montre le graphique ci-après.

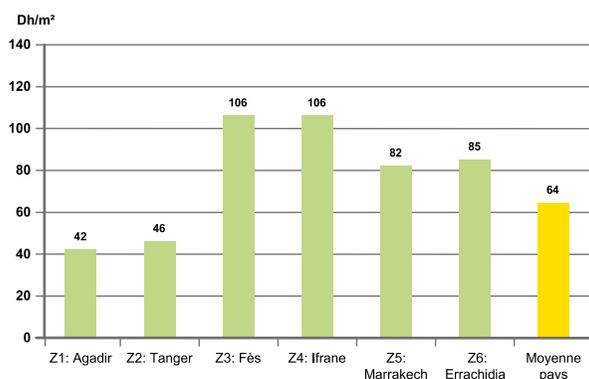


Figure 52. Surcoût d'investissement moyen engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques : bâtiment hospitalier

En termes relatifs, ces surcoûts varient de 1,05 % à 2,65 % du coût de la construction.

Tableau 11. Surcoût pour les établissements hospitaliers en %

Z1	Agadir	1,05
Z2	Tanger	1,15
Z3	Fès	2,65
Z4	Ifrane	2,65
Z5	Marrakech	2,05
Z6	Errachidia	2,05

Rentabilité du règlement thermique pour l'établissement:

Le temps de retour de l'application du règlement thermique pour l'établissement hospitalier se situe en moyenne à 1,6 année et varie selon la zone de 1,3 an à 1,9 an dans la région de Fès.

Le règlement thermique est très rentable pour les hôpitaux et devrait se développer sur une base purement commerciale.

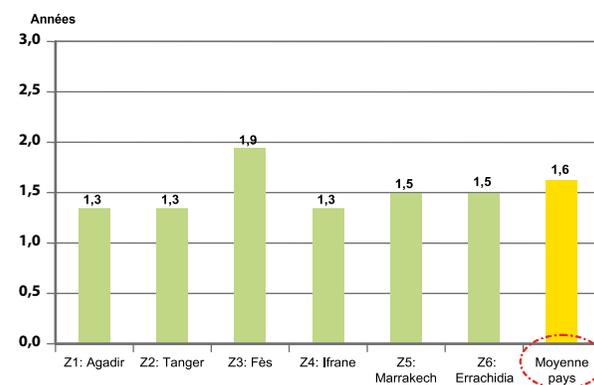


Figure 53. Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique : bâtiment hospitalier

3.2.3.2. Impacts pour l'État et la Collectivité

Gain en énergie primaire:

Le gain en énergie primaire est estimé en moyenne à 7,5 kgep/m²/an et varie selon les zones de 5 à 13 kgep/m²/an dans la zone d'Ifrane.

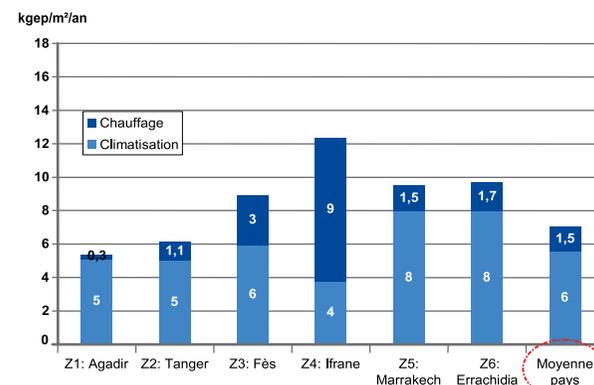


Figure 54. Gain en énergie primaire selon la zone climatique : bâtiment hospitalier

Gain en puissance électrique installée:

L'application du règlement thermique se traduit par une réduction significative de la demande de puissance électrique pour la climatisation. Elle situe autour de 28 W/m².

Les gains les plus importants sont observés dans les zones climatiques de Fès, Marrakech et Errachidia, comme le montre le graphique ci-après.

3. Le règlement thermique dans le secteur tertiaire

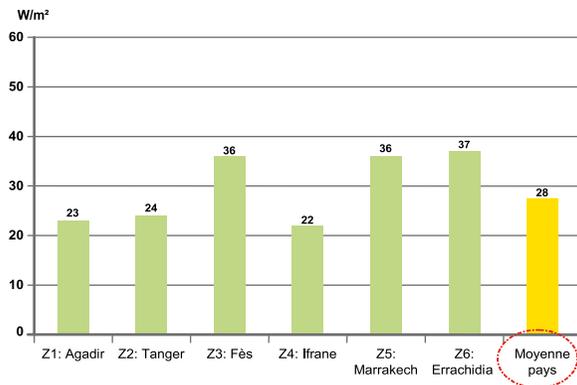


Figure 55. Puissance électrique évitée selon la zone climatique : bâtiment hospitalier

Émissions de CO₂ évitées:

Les émissions de CO₂ évitées sont estimées en moyenne à 20 kgeCO₂ par m² et par an.

3.2.4. Les établissements hôteliers

3.2.4.1. Impacts pour l'établissement

Impact sur les besoins thermiques en chauffage et climatisation:

Le gain en besoins thermiques pour le chauffage et la climatisation dans les établissements hôteliers varie selon les zones climatiques de 46 % à 70 % par rapport à la situation de référence, comme le montrent les graphiques suivants :

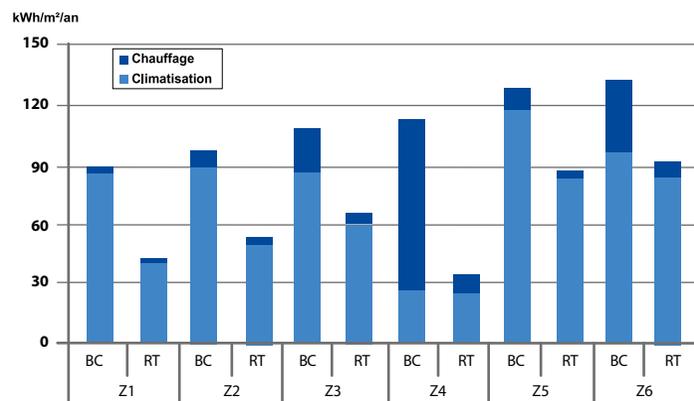


Figure 56. Comparaison cas de base (BC) et règlement thermique (RT) : établissement hôtelier (Ti = 26% en été) en fonction de la zone climatique

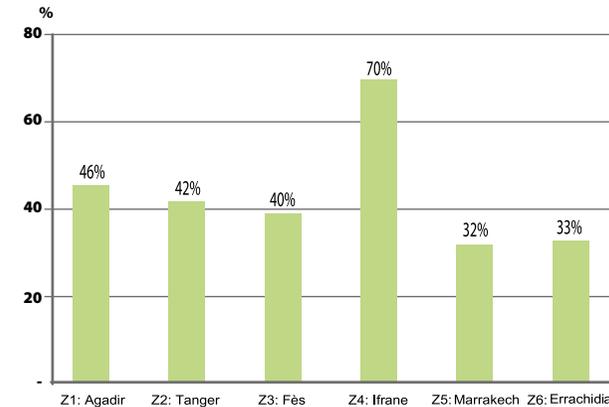


Figure 57. Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des établissements hôteliers au Maroc (% de réduction)

Les gains les plus importants sont observés dans les zones froides comme Ifrane.

Impact sur la consommation d'énergie finale:

En tenant compte des modes de chauffage et de climatisation ainsi que du rendement des équipements d'usage, le gain en énergie finale pour les hôtels se situe en moyenne à 25 kWh/m²/an.

Il varie en fonction de la zone climatique de 19 kWh/m²/an à 80 kWh/m²/an.

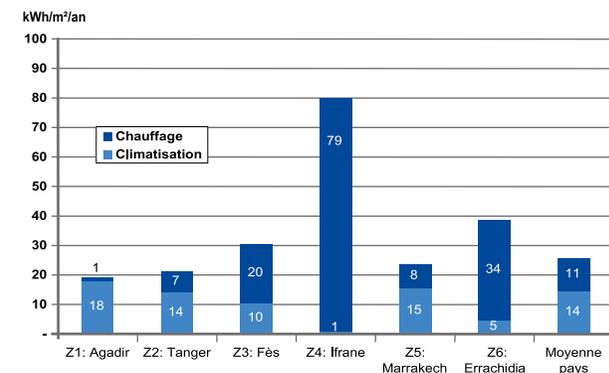


Figure 58. Économie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques : établissement hôtelier

Impact sur la facture énergétique de l'établissement:

Les économies d'énergie se traduisent pour l'établissement par un gain sur la facture énergétique. Il se situe en moyenne à 27 Dh/m²/an et peut atteindre jusqu'à 47 Dh/m²/an en fonction des zones.

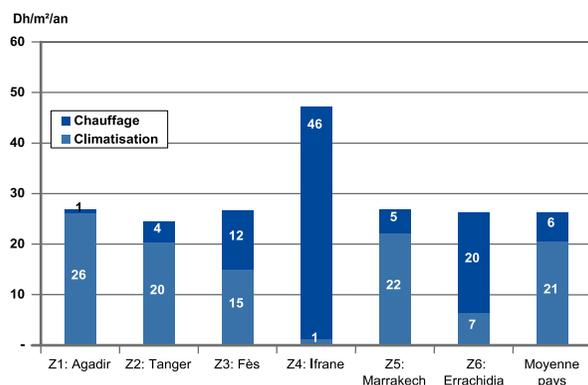


Figure 59. Gains sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques : établissement hôtelier

› Surcoût lié au respect du règlement:

Le surcoût lié au règlement thermique dans les établissements hôteliers se situe en moyenne à 77 Dh/m², soit environ 1,36 %.

Ce surcoût varie de 36 Dh/m² dans la zone Z1 à 147 Dh/m² dans les zones d'Ifrane et Fès, comme le montre le graphique ci-après.

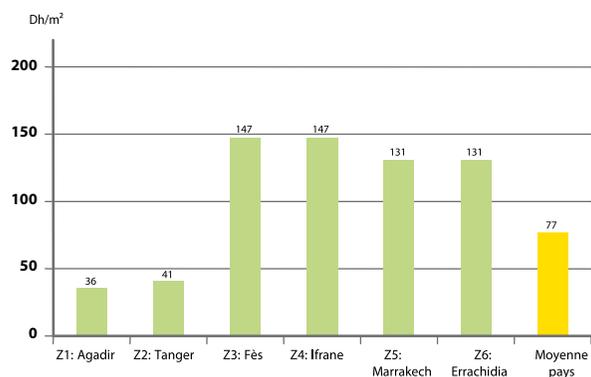


Figure 60. Surcoût d'investissement moyen engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques : établissement hôtelier

En termes relatifs, ce surcoût varie de 0,45 % à 1,85% du coût de la construction.

Tableau 12. Surcoût pour les établissements hôteliers en %

Z1	Agadir	0,45
Z2	Tanger	0,52
Z3	Fès	1,85
Z4	Ifrane	1,85
Z5	Marrakech	1,65
Z6	Errachidia	1,65

› Rentabilité du règlement thermique pour l'établissement:

Le temps de retour de l'application du règlement thermique pour l'établissement se situe en moyenne à 2,9 années et varie selon la zone de 1,3 année dans la zone littorale à près de 5 années dans la région de Fès, Marrakech et Errachidia. Le règlement thermique est rentable pour le secteur hôtelier et devrait être développé sur la base des mécanismes du marché.

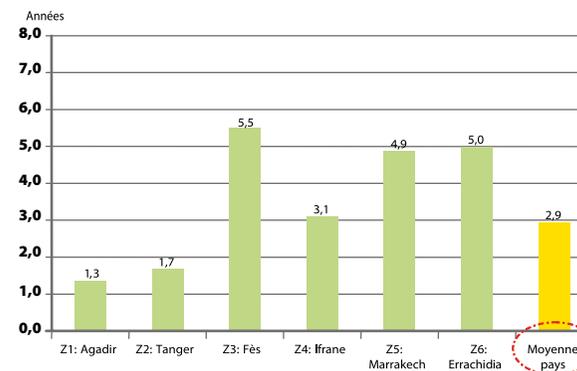


Figure 61. Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique : établissement hôtelier

3.2.4.2. Impacts pour l'État et la Collectivité

› Gain en énergie primaire:

Le gain en énergie primaire est estimé en moyenne à 4,9 kgep/m²/an et varie de 3,9 à 7,2 kgep/m²/an suivant la zone climatique.

3. Le règlement thermique dans le secteur tertiaire

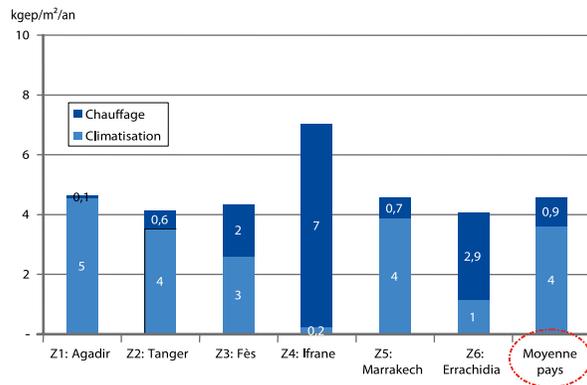


Figure 62. Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique: établissement hôtelier

Gain en puissance électrique installée:

La réduction de la demande de puissance électrique pour la climatisation se situe autour de 20 W/m². Les gains les plus importants sont observés dans les zones de Marrakech, Fès et Errachidia, comme le montre le graphique ci-après.

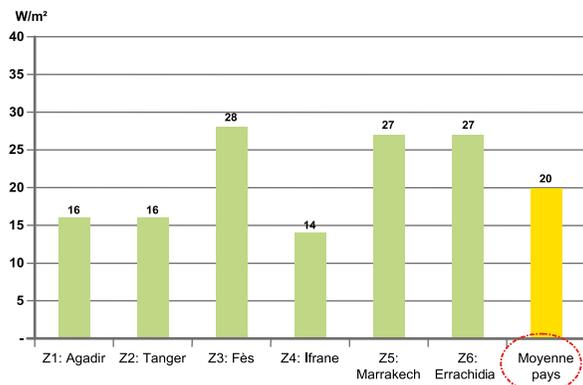


Figure 63. Gain en énergie primaire selon la zone climatique: hôtels

Émissions évitées de CO₂:

Les émissions évitées de CO₂ sont estimées en moyenne à 13 kgeCO₂ par m² et par an.

4.

Conclusion

Les exigences du Règlement Thermique de Construction au Maroc résultent d'un compromis entre la réduction en besoins thermiques des bâtiments cibles et le surcoût d'investissement induit par les mesures techniques nécessaires pour mettre en œuvre les spécifications techniques réglementaires.

Ces spécifications ont été élaborées selon un processus de concertation technique et politique avec les différentes parties prenantes et tout particulièrement les institutions publiques concernées, à savoir les ministères en charge de l'habitat, du tourisme, de la santé publique, de l'éducation, des finances et de l'énergie.

Le règlement thermique est économiquement applicable pour la plupart des consommateurs sectoriels finaux. En effet, les surcoûts sont le plus souvent absorbables par le marché de construction, si l'on tient compte de leur rentabilité pour ces consommateurs finaux.

Toutefois des contraintes d'application peuvent persister pour le segment spécifique de l'habitat social dans une grande partie du territoire marocain, compte tenu de l'importance relative des surcoûts. En effet, pour ce segment, la rentabilité des mesures exigées reste faible, ce qui limite l'attractivité du règlement thermique vis-à-vis de cette catégorie de ménages à revenus modestes.

Pour cela, il semble indispensable que, pour ce segment spécifique de bâtiments, la mise en œuvre du règlement, du moins au début de son application, soit aidée par un soutien financier public dont l'objectif est de faire baisser le temps de retour à des niveaux suffisamment attractifs pour cette catégorie de consommateurs.

Ce soutien public reste « rentable » pour l'État et la Collectivité marocaine, compte tenu des retombées positives du règlement en termes de subventions publiques évitées aux énergies conventionnelles déplacées, les gains en investissement dans la construction des capacités additionnelles de production électrique, la réduction de la facture énergétique du pays, la création d'emploi, etc.

Les mécanismes et les procédures de mise en œuvre de ce soutien public financier doivent être définis ultérieurement dans le détail.

Enfin, il est important d'insister sur la nécessité d'accompagner la mise en place du règlement thermique par un plan de mesures visant à faciliter sa mise en œuvre en levant les barrières de marché, telles que :

- › la formation des acteurs de mise en œuvre : concepteurs, opérateurs, entreprises, artisans, ...
- › la communication et la sensibilisation envers les décideurs et le grand public ;
- › l'appui au développement de l'offre de matériaux et de services liés à la mise en œuvre des mesures techniques du règlement, ...
- › le développement de mécanismes de financement spécifiques (lignes de crédits dédiées, défiscalisation...).

Annexe : glossaire des abréviations et termes techniques

Tableau 13. Liste des abréviations

ADEREE	Agence Nationale pour le Développement des Énergies Renouvelables et de l'Efficacité Énergétique.
CVC	Chauffage, Ventilation et Climatisation.
DMN	Direction de la Météorologie Nationale.
DGCL	Degrés-jours de climatisation.
DGCH	Degrés-jours de Chauffage.
EE	Efficacité Énergétique.
GIZ	Coopération Allemande.
GPL	Gaz de pétrole liquéfié.
Kgep	Kilogramme équivalent pétrole.
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement.
RTCM	Règlement Thermique de Construction au Maroc.
teCO ₂	Tonne équivalent CO ₂ .

46

Tableau 14. Glossaire des termes techniques

Paramètres	Symbole	Définition	Unité
Coefficient de transmission thermique	U	Le coefficient de transmission thermique d'une paroi est noté "U" (ou anciennement "K") et caractérise la quantité de chaleur traversant une paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de ladite paroi.	W/m ² .K
Résistance thermique	R	Inverse du coefficient de transmission thermique.	m ² .K/W
Facteur solaire	FS	Le facteur solaire (encore appelé Solar Heat Gain Coefficient, SHGC) est la quantité d'énergie solaire, exprimée en pourcentage (%), que l'on retrouve derrière les baies vitrées exposées au rayonnement solaire (sans protections solaires extérieures et intérieures).	-
Facteur solaire équivalent	FS*	Le facteur solaire équivalent des baies vitrées est la quantité d'énergie solaire, exprimée en pourcentage (%), que l'on retrouve derrière les baies vitrées associées à leurs protections solaires architecturales extérieures.	-
Taux global des baies vitrées	TGBV	Le ratio de la surface totale des fenêtres (incluant cadres) au total brut des surfaces de murs extérieures	-
Conductivité thermique	λ	La quantité de chaleur transférée par unité de surface d'un matériau	W/m ² .K

ADEREE

Agence Nationale pour le Développement
des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique



contact@aderee.ma
www.aderee.ma



Au service
des peuples
et des nations



♻️ Imprimé sur papier recyclé