

Agence Marocaine pour l'Efficacité Energétique

Règlement Thermique de Construction au Maroc Version simplifiée



Sommaire exécutif

Le Règlement Thermique de Construction au Maroc (RTCM) fixe les niveaux de performance pour les **composantes de l'enveloppe** du bâtiment selon deux approches : performancielle et prescriptive. Ces niveaux de performance dépendent du type de bâtiment concerné mais également du zonage climatique établi.

Le RTCM définit également **les performances énergétiques minimales** des systèmes de chauffage, ventilation et climatisation – CVC, permettant ainsi de promouvoir des équipements efficaces et de qualité supérieure.

Ce document synthétise les éléments suivants :

- ➔ le zonage climatique marocain, dans son volet actif et passif
- ➔ le règlement thermique dans le secteur de l'habitat et ses impacts socio-économiques et énergétiques
- ➔ le règlement thermique dans le secteur tertiaire et ses impacts socio-économiques et énergétiques
- ➔ les performances minimales des installations de Chauffage, de Ventilation et de Climatisation, ayant une puissance frigorifique inférieure à 20 kW

Il est intéressant de noter que le respect de ces exigences dans le secteur de l'habitat permet de réaliser des économies d'énergie finale d'environ **22 kWh/m²/an**, variable selon le zonage climatique. Par rapport à la facture énergétique habituelle du consommateur final, ces économies génèrent des gains substantiels estimés en moyenne à 18 Dh/m²/an, par rapport à la facture énergétique habituelle du consommateur final.

Table des matières.....

Préface	9		
Introduction	11		
1. L'approche d'élaboration du Règlement Thermique de Construction au Maroc.....	15		
1.1 Objectifs et vocations du règlement.....	15		
1.1.1. Objectifs.....	15		
1.1.2. Vocation et utilité.....	15		
1.2 Cible du Règlement Thermique de Construction au Maroc	16		
1.2.1. Couvrir la plupart des types de bâtiments.....	16		
1.2.2. Focaliser sur le neuf... ..	16		
1.2.3. Donner la priorité à l'urbain.....	16		
1.2.4. Zonage climatique.....	17		
2. Le Règlement Thermique de Construction au Maroc dans le secteur de l'habitat	19		
2.1 Spécifications techniques du règlement thermique dans les bâtiments résidentiels	19		
2.1.1. Approche performancielle	19		
2.1.2. Approche prescriptive.....	19		
2.2 Impacts socio-économiques, énergétiques et environnementaux attendus du règlement thermique	21		
2.2.1. Impact pour le consommateur final	21		
2.2.1.1. Impact sur les besoins thermiques en chauffage et climatisation	21		
2.2.1.2. Impact sur la consommation d'énergie finale	22		
2.2.1.3. Impact sur la facture énergétique du consommateur final	23		
2.2.1.4. Surcoût lié au respect du règlement thermique	23		
2.2.1.5. Rentabilité du règlement thermique pour le consommateur	24		
3. Le Règlement Thermique de Construction au Maroc dans le secteur tertiaire.....	25		
3.1 Spécifications techniques.....	25		
3.1.1. Approche performancielle	25		
3.1.2. Approche prescriptive.....	26		
3.2 Impact socio-économiques, énergétiques et environnementaux attendus du règlement thermique	27		
3.2.1. Bâtiments administratifs.....	27		

3.2.1.1.	Impact sur les besoins thermiques en chauffage et climatisation	27	3.2.4.1.	Impact sur les besoins thermiques en chauffage et climatisation.....	34
3.2.1.2.	Impact sur la consommation d'énergie finale	28	3.2.4.2.	Impact sur la consommation d'énergie finale	35
3.2.1.3.	Impact sur la facture énergétique de l'établissement.....	28	3.2.4.3.	Impact sur la facture énergétique de l'établissement.....	35
3.2.1.4.	Surcoût lié au respect du règlement thermique	28	3.2.4.4.	Surcoût lié au respect du règlement.....	36
3.2.1.5.	Rentabilité du règlement thermique pour l'établissement.....	29	3.2.4.5.	Rentabilité du règlement thermique pour l'établissement.....	36
3.2.2.	Établissements scolaires	29	4.	Performances énergétiques des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation des bâtiments (CVC)	37
3.2.2.1.	Impact sur les besoins thermiques en chauffage et climatisation.....	29	4.1	Évolution du parc CVC	37
3.2.2.2.	Impact sur la consommation d'énergie finale	30	4.2	Objectifs du règlement.....	37
3.2.2.3.	Impact sur la facture énergétique de l'établissement.....	30	4.3	Définition des équipements de climatisation	38
3.2.2.4.	Surcoût lié au respect du règlement thermique	31	4.4	Performances énergétiques minimales	38
3.2.2.5.	Rentabilité du règlement thermique pour l'établissement.....	31	4.5	Conditions intérieures de confort.....	39
3.2.3.	Bâtiments hospitaliers.....	32	4.6	Conditions extérieures de calcul.....	39
3.2.3.1.	Impact sur les besoins thermiques en chauffage et climatisation	32	5.	Conclusion	42
3.2.3.2.	Impacts sur la consommation d'énergie finale	32	Annexe 1.	Comparatif des produits d'isolation....	43
3.2.3.3.	Impact sur la facture énergétique de l'établissement.....	33	Annexe 2.	Glossaire des abréviations et termes techniques	45
3.2.3.4.	Surcoût lié au respect du règlement.....	33	Annexe 3.	Carte des isolignes de température sèche de base de l'été.....	46
3.2.3.5.	Rentabilité du règlement thermique pour l'établissement.....	34	Annexe 4.	Cartes des Isolignes de température extérieure humide de base de l'été	47
3.2.4.	Établissements hôteliers	34	Annexe 5.	Cartes des Isolignes de température extérieure sèche de base de l'hiver	48

Liste des tableaux.....

Tableau 1. Réglementation thermique dans les pays du sud de la Méditerranée	14	Tableau 8. Surcoût pour les établissements scolaires en %	31
Tableau 2. Zones climatiques.....	17	Tableau 9. Surcoût pour les établissements hospitaliers en %.....	34
Tableau 3. Résidentiel : spécifications techniques minimales	19	Tableau 10. Surcoût pour les établissements hôteliers en %.....	36
Tableau 4. Exigences limites réglementaires des caractéristiques thermiques de l'enveloppe des bâtiments résidentiels	20	Tableau 11. Performances énergétiques minimales.....	38
Tableau 5. Besoins spécifiques thermiques annuels maximaux de chauffage et de climatisation dans le secteur tertiaire en kWh/m ² /an.....	25	Tableau 12. Conditions intérieures de calcul : humidité et température sèche	39
Tableau 6. Les exigences limites réglementaires des caractéristiques thermiques de l'enveloppe des bâtiments à usage de bureaux	26	Tableau 13. Conditions extérieures de calcul de la charge frigorifique	40
Tableau 7. Surcoût pour les bâtiments administratifs en %.....	28	Tableau 14. Conditions extérieures de calcul de la charge de chauffage.....	41
		Tableau 15. Comparatif des produits d'isolation	43
		Tableau 16. Liste des abréviations	45
		Tableau 17. Glossaire des termes techniques	45

Liste des figures.....

Figure 1	Consommation d'énergie finale du secteur du bâtiment dans le monde en 2010	12	Figure 12	Temps de retour pour le consommateur final selon la zone et la catégorie d'habitat	24
Figure 2	Structure du potentiel d'efficacité énergétique dans la région de la Méditerranée du sud sur la période 2010-2030 ³	12	Figure 13	Comparaison cas de base (BC) et règlement thermique (RT): bâtiment administratif ($T_i = 26^\circ\text{C}$ en été) en fonction de la zone climatique	27
Figure 3	Structure de la consommation par secteur.....	13	Figure 14	Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments administratifs au Maroc (% de réduction)	27
Figure 4	Carte du zonage climatique du Maroc ..	18	Figure 15	Economie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques: administration	28
Figure 5	Comparaison cas de base et règlement thermique Bâtiment résidentiel ($T_i = 26^\circ\text{C}$ en été) en fonction de la zone climatique.....	21	Figure 16	Gains sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones: bâtiments administratifs.....	28
Figure 6	Gain en besoins de chaleur et en froid selon les zones climatiques	21	Figure 17	Surcoût d'investissement moyen engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques: bâtiments administratifs.....	29
Figure 7	Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments résidentiels ($T_i = 26^\circ\text{C}$ en été) au Maroc (% de réduction)	22	Figure 18	Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique: bâtiments administratifs.....	29
Figure 8	Economie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques.....	22	Figure 19	Comparaison cas de base et règlement thermique-bâtiments scolaires ($T_i = 26^\circ\text{C}$ en été) en fonction de la zone climatique.....	29
Figure 9	Gains sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques	23	Figure 20	Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments scolaires au Maroc (% de réduction).....	30
Figure 10	Surcoût d'investissement engendré par le RTCM selon les zones climatiques.....	23			
Figure 11	Pourcentage de surcoût d'investissement dû au RTCM selon la catégorie du logement et la région.....	23			

Figure 21 Economie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques : établissements scolaires.....	30	Figure 30 Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique : bâtiments hospitaliers.....	34
Figure 22 Gains sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques : établissements scolaires.....	30	Figure 31 Comparaison cas de base et règlement thermique-établissements hôteliers ($T_i = 26^{\circ}\text{C}$ en été) en fonction de la zone climatique	34
Figure 23 Surcoût d'investissement moyen engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques : établissements scolaires.....	31	Figure 32 Economie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques : établissements hôteliers	35
Figure 24 Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique : établissements scolaires.....	31	Figure 33 Gains sur facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques : établissements hôteliers	35
Figure 25 Comparaison cas de base (BC) et règlement thermique (RT) : bâtiment hospitalier ($T_i = 26^{\circ}\text{C}$ en été) en fonction de la zone climatique	32	Figure 34 Surcoût d'investissement moyen engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques : établissements hôteliers	36
Figure 26 Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments hospitaliers au Maroc (% de réduction)	32	Figure 35 Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique : établissements hôteliers	36
Figure 27 Economie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques : bâtiments hospitaliers.....	33	Figure 36 Carte des iso-températures extérieures sèches de base de l'été calculées en se basant sur la correction par rapport à l'altitude.	46
Figure 28 Gains sur facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques : bâtiments hospitaliers.....	33	Figure 37 Carte des iso-températures extérieures humides de base de l'été calculées en se basant sur la correction par rapport à l'altitude.	47
Figure 29 Surcoût d'investissement moyen engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques : bâtiments hospitaliers.....	33	Figure 38 Carte des iso-températures extérieures sèches de base de l'hiver calculées en se basant sur la correction par rapport à l'altitude.	48

Préface

L'Agence Nationale pour le Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique (ADEREE) a lancé en partenariat avec le FEM-PNUD et la GIZ 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.

Ce programme comprend, entre autres, la mise en place d'un code d'efficacité énergétique dans les bâtiments avec ses deux composantes: règlement thermique pour l'enveloppe et labellisation énergétique des équipements électroménagers.

Règlement Thermique de Construction au Maroc

La mise en place de ce règlement (RTCM) prévoit les activités 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 des outils de communication adéquats pour la mobilisation et la sensibilisation 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 professionnels et aux 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 innovations technologiques poussées.

Efficacité énergétique et labellisation des équipements électroménagers

Il s'agit de couvrir essentiellement les aspects suivants :

- analyse du marché et caractérisation de l'électroménager au Maroc ;
- mise en place d'un cadre réglementaire et normatif pour les standards de performance énergétique des appareils électroménagers ;
- mise en œuvre des mesures d'encouragement de l'investissement dans le développement du marché des équipements électroménagers 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 RTCM pour les bâtiments résidentiels et tertiaires ainsi que les résultats atteints jusqu'ici en termes de :

- spécifications techniques ;
- impacts socio-économiques, énergétiques et environnementaux attendus ;
- prospective des impacts et leur agrégation au niveau national.

L'élaboration du règlement est basée sur un processus de large concertation avec les partenaires concernés par le secteur des bâtiments, particulièrement :

- le Ministère de l'Énergie et des Mines ;
- le Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de l'Aménagement du Territoire ;
- le Ministère du Tourisme ;
- le Ministère de l'Éducation Nationale et de l'Enseignement Supérieur ;
- le Ministère de la Santé Publique ;
- le Ministère des Finances.

Introduction



Le 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 :

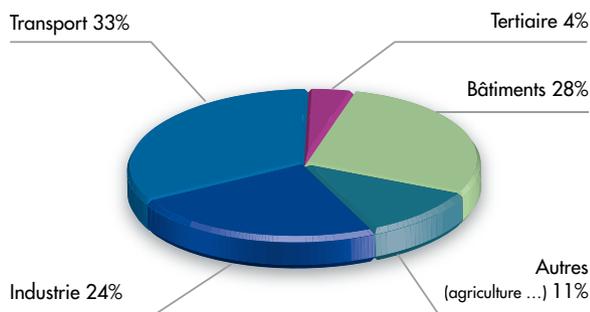


Figure 1 Consommation d'énergie finale du secteur du bâtiment dans le monde en 2010

Il est estimé que le potentiel d'économie d'énergie dans ce secteur au niveau mondial est de l'ordre de 40% et ce, en grande partie via des mesures économiquement rentables¹. C'est également un secteur éminemment stratégique du fait de la longue durée de vie des bâtiments: les constructions d'aujourd'hui conditionneront durablement la consommation de demain. Un bâtiment bien pensé dès sa conception sera toujours plus performant et moins coûteux qu'un bâtiment rénové a posteriori. Si le secteur de la rénovation est crucial au vu 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 le pays). Comparé aux autres secteurs d'activité il représente le gisement d'économie le plus important et se situe souvent autour de 40% dans la plupart des pays de la région².

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.

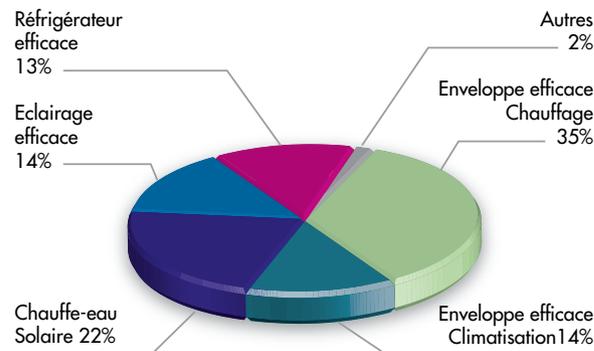


Figure 2 Structure du potentiel d'efficacité énergétique dans la région de la Méditerranée du sud sur la période 2010-2030³.

Notons que l'amélioration des performances thermiques de l'enveloppe des bâtiments couvre à elle seule 50% de ce potentiel par l'économie d'énergie pour les besoins de chauffage et de climatisation. D'où l'importance des mesures réglementaires relatives aux performances thermiques des bâtiments.

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

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

3 Etude sur l'efficacité énergétique dans le bâtiment dans la région méditerranéenne, Plan Bleu, 2010.



Des enjeux énergétiques et socio-économiques importants pour le Maroc

L'objectif annoncé par le Gouvernement Marocain est de réaliser une économie d'énergie primaire d'environ 12% à 15% à l'horizon 2020 à travers la mise en place d'un plan d'efficacité énergétique dans les différents secteurs économiques.

Parmi ces secteurs, le bâtiment est le deuxième consommateur d'énergie avec une part de 25% de la consommation énergétique totale du pays, dont 18% réservée au résidentiel et le reste pour le tertiaire.

Cette consommation énergétique est appelée à augmenter rapidement dans les années futures pour deux raisons :

- ➔ l'augmentation sensible du taux d'équipement des ménages en appareils électroménagers du fait de l'amélioration du niveau de vie et de la baisse des prix de ces équipements (chauffage, climatisation, chauffage de l'eau, réfrigération, etc.).
- ➔ l'évolution importante du parc de bâtiments en raison des grands programmes : 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.

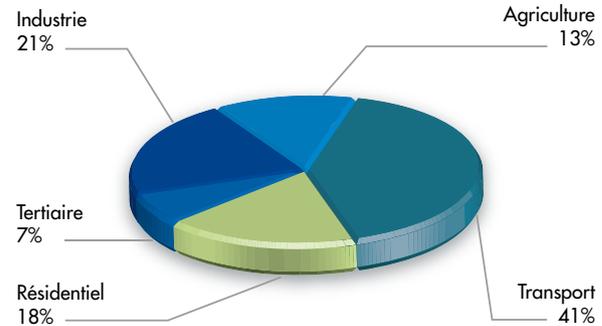


Figure 3 Structure de la consommation par secteur

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 2020¹.

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 connaît aujourd'hui un développement sans précédent du marché de la construction.

Le Règlement Thermique de Construction au Maroc appliqué aux nouveaux bâtiments est l'un des instruments majeurs pour la transformation du marché de la construction vers un mode plus efficace en énergie.

Pour ces raisons les dispositions réglementaires 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... Elles s'appliquent dès maintenant aux équipements de chauffage, ventilation et climatisation (CVC).

¹ Plan d'Actions « Efficacité Énergétique » dans le secteur du Bâtiment au Maroc, ADEREE.

Benchmarking régional : la qualité du processus d'élaboration, un facteur clé pour l'applicabilité du Règlement Thermique de Construction au Maroc

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 ci dessous.

Toutefois, dans la réalité, le niveau d'application de ces mesures diffère sensiblement d'un pays à un autre. Les deux pays où la réglementation thermique est

relativement bien appliquée sont la Turquie et la Tunisie. En effet, dans ces deux pays, la réglementation a été élaborée 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'expérience de ces pays montre l'importance de la qualité du processus d'élaboration de la réglementation comme un facteur clé de son applicabilité effective.

Avec le présent processus lancé au Maroc, le pays est sur le chemin pour combler son retard par rapport aux autres pays ayant mis en œuvre un règlement thermique des bâtiments obligatoire.

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

1

● L'approche d'élaboration du Règlement Thermique de Construction au Maroc

1.1 Objectifs et vocations du règlement

1.1.1. Objectifs

Le 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 utiliser des principes 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.

1.1.2. Vocation et utilité

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 qui intervient au stade de la conception.

Il peut également servir comme outil de diagnostic des bâtiments existants en offrant un référentiel du niveau d'isolation thermique acceptable. Un logiciel de simulation pourra être utilisé pour évaluer les besoins annuels spécifiques de chauffage et de climatisation des bâtiments et les comparer par rapport à cette référence.

Le texte du RTCM est proposé aux ministères concernés comme document technique pouvant être intégré dans un texte juridique ou une norme obligatoire.

Bien entendu, tous les acteurs dans le domaine de la construction doivent être 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 des bâtiments.

1.2 Cible du Règlement Thermique de Construction au Maroc

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

Le règlement thermique 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 couvre toutes les catégories socio-économiques de bâtiments :

- ➔ économique ;
- ➔ standing.

Pour le secteur tertiaire, quatre segments sont particulièrement couverts :

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

1.2.2. 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 ne s'applique, dans un premier temps, qu'aux bâtiments neufs.

En effet l'application du règlement au segment des bâtiments existants posera un certain nombre de contraintes (importance des surcoûts, qualification de la main-d'œuvre, etc.) qui risquent de retarder le lancement du règlement. Toutefois, dans le cadre d'une stratégie intégrée de maîtrise de l'énergie, telle qu'adoptée aujourd'hui par les pouvoirs publics marocains, ce segment pourra être traité à travers des audits énergétiques et la mise en œuvre des mesures d'efficacité énergétique qui en découlent.

Le programme 2011-2014 vise en particulier des audits énergétiques dans 130 établissements tertiaires qui devraient permettre des économies d'énergie à l'horizon 2020 d'environ 320 ktep/an et une réduction de gaz à effet de serre de près de 1,7 MteqCO₂ /an.

1.2.3. Donner la priorité à l'urbain...

La dynamique démographique au Maroc est caractérisée par une forte urbanisation, due à la croissance intrinsèque de la population urbaine, à l'exode rural et au changement de statut de certaines localités vers des communes urbaines. Le taux d'urbanisation est passé de 29,1% en 1960 à 51,4% en 1994, à 55,1% en 2004 et enfin à probablement plus de 60% actuellement.

Pour le moment, la problématique énergétique dans les zones rurales au Maroc se pose plutôt en terme de sous équipement énergétique qu'en termes de maîtrise de l'énergie. La consommation énergétique dans les zones rurales est généralement faible, sauf pour le bois énergie utilisé pour le chauffage dans les zones à hiver sévère.

Enfin, compte tenu de la dispersion de l'habitat dans les zones rurales et de son caractère informel, toute mesure de type réglementaire sera difficile à mettre en œuvre, avec un coût de contrôle trop élevé.

Pour ces raisons, il a été recommandé que le règlement thermique de construction se focalise dans un premier temps sur les zones urbaines. La problématique de réduction de la consommation de bois pour le chauffage et pour les autres usages (cuisson, eau chaude, préparation de pain, etc.) fait l'objet de programmes spécifiques menés par l'ADEREE et ses partenaires institutionnels et de coopération.



1.2.4. Zonage climatique

Les travaux de zonage climatique ont été réalisés en étroite coordination entre la Direction de la Météorologie Nationale (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.

La carte du zonage final comprend six zones climatiques pour une application facile et efficace du nouveau règlement. Ces zones, circonscrites en respectant les limites administratives, 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

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

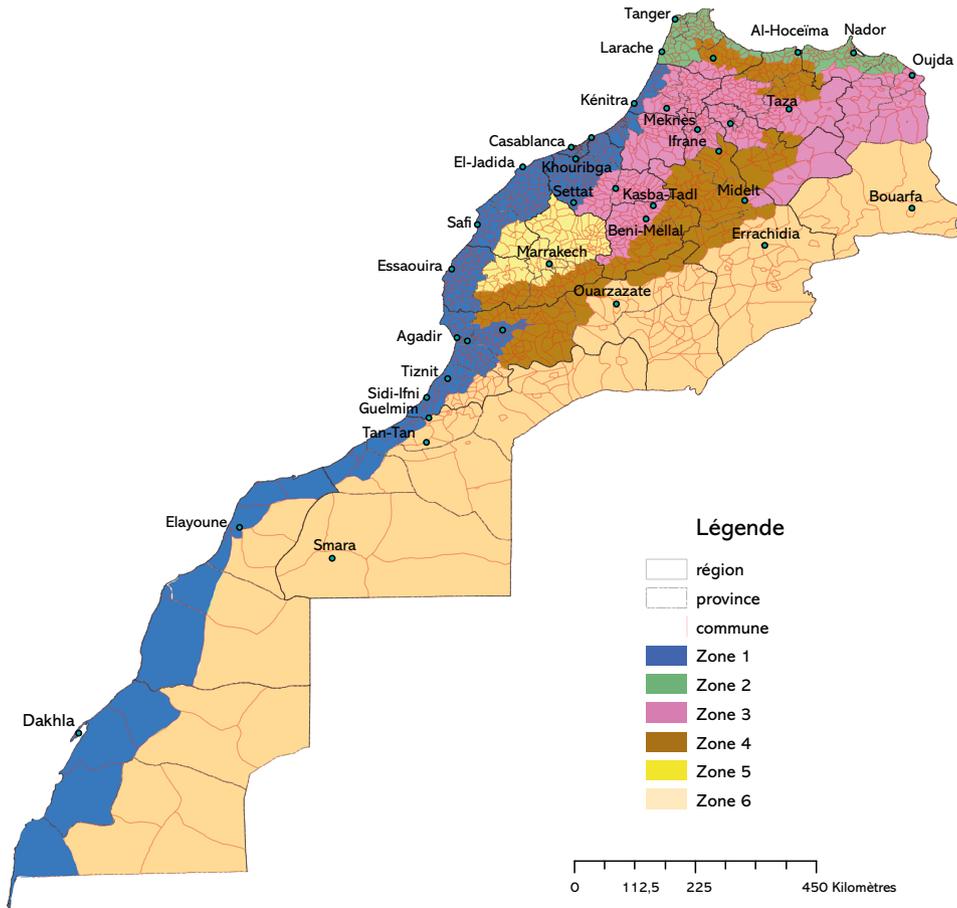


Figure 4 Carte du zonage climatique du Maroc

2. Le Règlement Thermique de Construction au Maroc 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 :

Tableau 3. Résidentiel : spécifications techniques minimales kWh/m²/an

Zone climatique		Résidentiel
Agadir	Z1	40
Tanger	Z2	46
Fès	Z3	48
Ifrane	Z4	64
Marrakech	Z5	61
Errachidia	Z6	65

Pour faciliter son application, ces exigences sont les même 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

Les spécifications peuvent être exprimées selon une approche prescriptive comme indiqué dans le tableau 4.

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 4. Exigences limites réglementaires des caractéristiques thermiques de l'enveloppe des bâtiments résidentiels

	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
	36-45 %	≤ 0,65	≤ 1,20	≤ 3,30	NE	Nord : ≤ 0,7 Autres : ≤ 0,3
Zone climatique réglementaire Z2 (Réf. Tanger)	≤ 15 %	≤ 0,75	≤ 0,80	≤ 5,80	NE	NE
	16-25 %	≤ 0,65	≤ 0,80	≤ 3,30	NE	Nord : NE Autres : ≤ 0,7
	26-35 %	≤ 0,65	≤ 0,70	≤ 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 %	≤ 0,65	≤ 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 Z4 (Réf. Ifrane)	≤ 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	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
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 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 exposés à l'air extérieur seront traités comme les toitures.

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

2.2.1. Impact pour le consommateur final

La faisabilité et l'efficacité de la mise en œuvre du règlement 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 pour les bâtiments résidentiels devrait permettre une réduction significative des besoins de chauffage et de climatisation par rapport à la situation de référence, comme le montre le graphique ci-après.

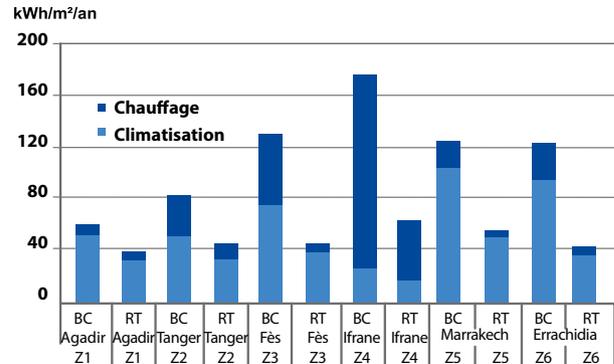


Figure 5 Comparaison cas de base et règlement thermique Bâtiment résidentiel ($T_i = 26^\circ\text{C}$ en été) en fonction de la zone climatique

Les gains annuels en chauffage et climatisation varient de $25 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$ dans la zone climatique représentée par Agadir à $116 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$ 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.

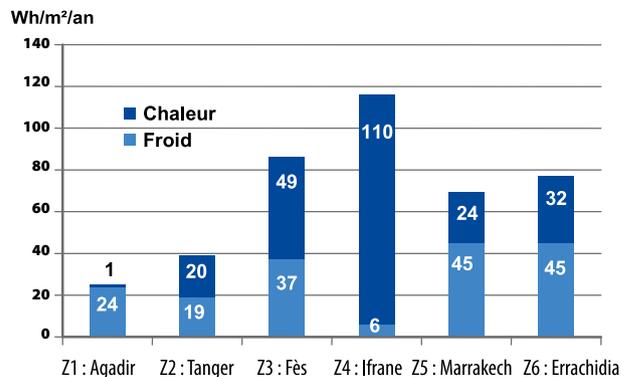


Figure 6 Gain en besoins de chaleur et en froid selon les zones climatiques

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

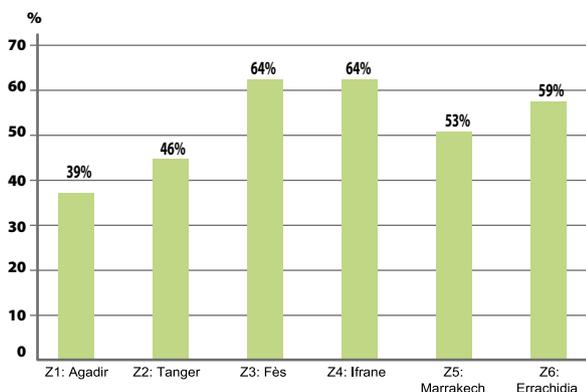


Figure 7 Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments résidentiels ($T_i = 26^\circ\text{C}$ en été) au Maroc (% de réduction)

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 couvert¹. 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 du rendement moyen des équipements utilisés.

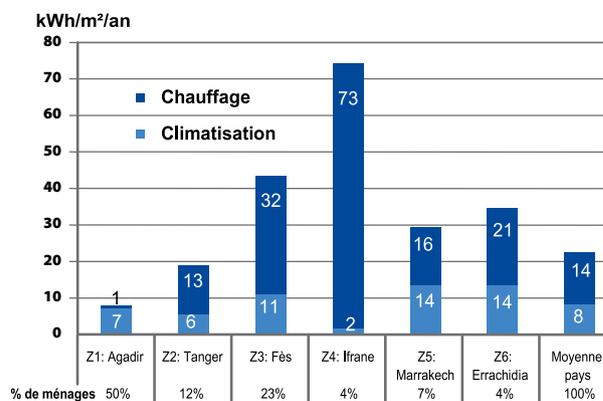


Figure 8 Economie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques



¹ Moyenne pondérée selon la répartition actuelle de l'habitat 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/m²/an et varie de 11 Dh/m²/an dans la zone Z1, qui représente plus de 50% des habitations, à 30 Dh/m²/an dans la zone Z4 qui n'en représente que 4%.

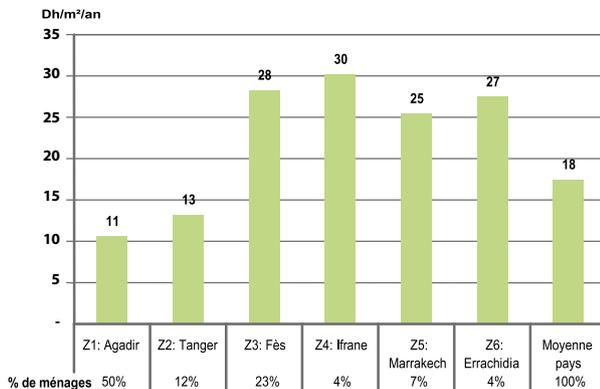


Figure 9 Gains sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques

2.2.1.4. Surcoût lié au respect du règlement thermique

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 construction¹.

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 de Fès.

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

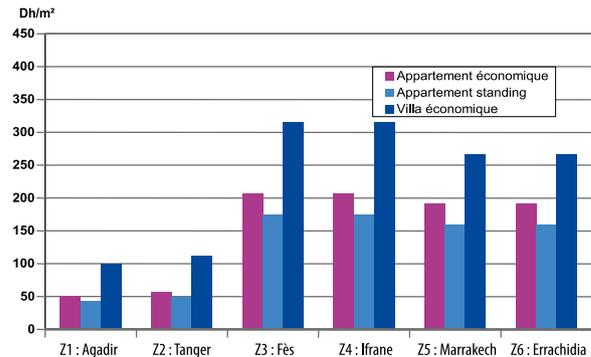


Figure 10 Surcoût d'investissement engendré par le RTCM selon les zones climatiques

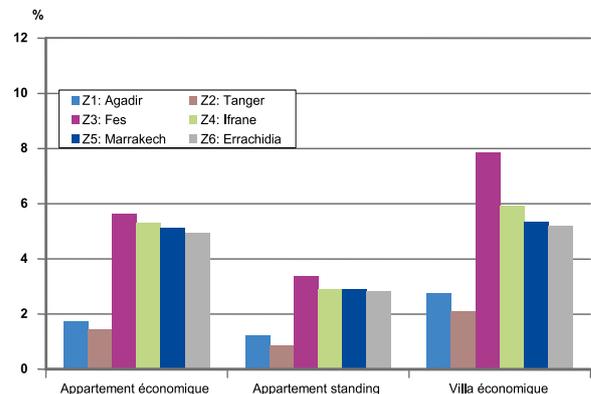


Figure 11 Pourcentage de surcoût d'investissement dû au RTCM selon la catégorie du logement et la région

¹ 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.

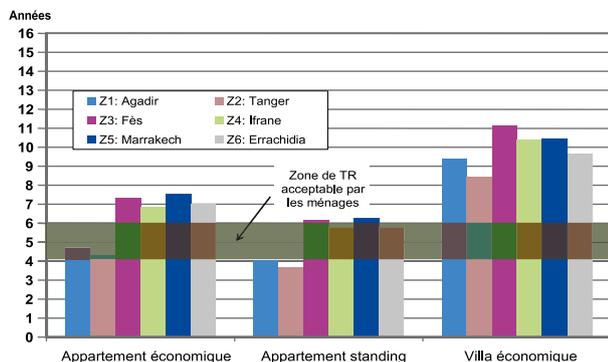


Figure 12 Temps de retour pour le consommateur final selon la zone et la catégorie d'habitat

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 ans, ce qui reste à la limite de la zone de décision favorable à l'investissement pour une grande partie des ménages.

Le temps de retour pour le consommateur final varie selon les zones climatiques et les catégories de logements. Comme le montre le graphique ci-dessus, les rentabilités les plus faibles sont attendues dans les zones intérieures (en dehors du littoral). Pour les catégories de logement, 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 retour pour le consommateur final dépasse le délai de rentabilité maximale habituellement acceptable par les ménages.





3. Le Règlement Thermique de Construction au Maroc dans le secteur tertiaire

Le règlement thermique de construction cible de manière spécifique les quatre grandes branches du secteur tertiaire :

- ➔ 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 suivant la zone climatique :

Tableau 5. 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

Tableau 6. 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	NE
	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	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
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

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. Le tableau 6 présente ces spécifications prescriptives suivant la zone climatique.

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.

- ➔ 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 Impact socio-économiques, énergétiques et environnementaux attendus du règlement thermique

3.2.1. Bâtiments administratifs

3.2.1.1. Impact sur les besoins thermiques en chauffage et climatisation

Les simulations thermiques montrent que le gain en besoins thermiques pour le chauffage et la climatisation dans les bâtiments administratifs varie selon les zones

climatiques de 52% à 74% par rapport à la situation de référence, comme le montrent les graphiques suivants:

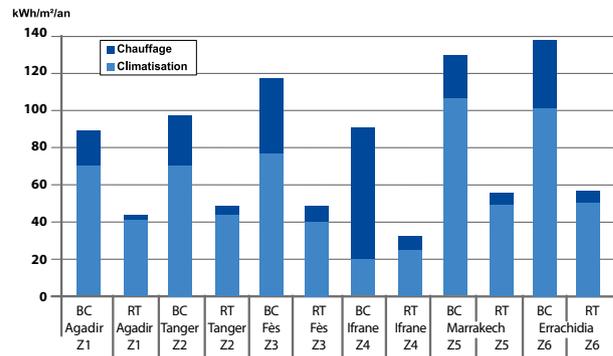


Figure 13 Comparaison cas de base (BC) et règlement thermique (RT) : bâtiment administratif ($T_i = 26\text{ °C}$ en été) en fonction de la zone climatique

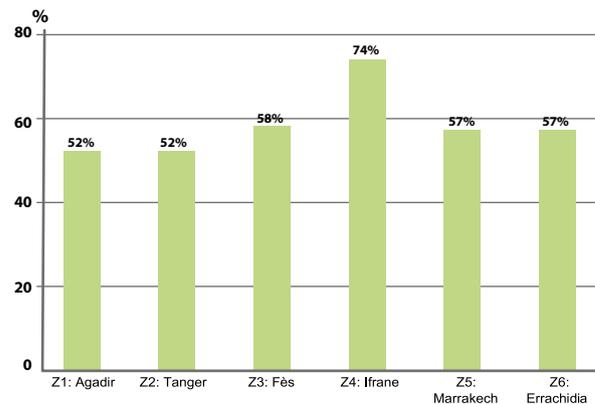


Figure 14 Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments administratifs au Maroc (% de réduction)

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

3.2.1.2. 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 bâtiments administratifs varie, en fonction de la zone climatique, de 31 kWh/m²/an à 52 kWh/m²/an. Compte tenu du profil d'occupation de ces bâtiments, les économies en chauffage sont les plus importantes.

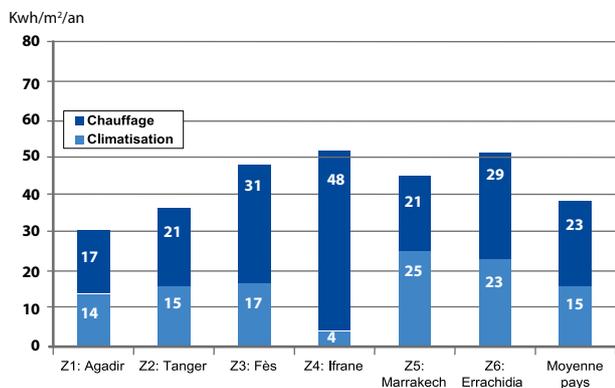


Figure 15 Economie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques : administration

3.2.1.3. 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.

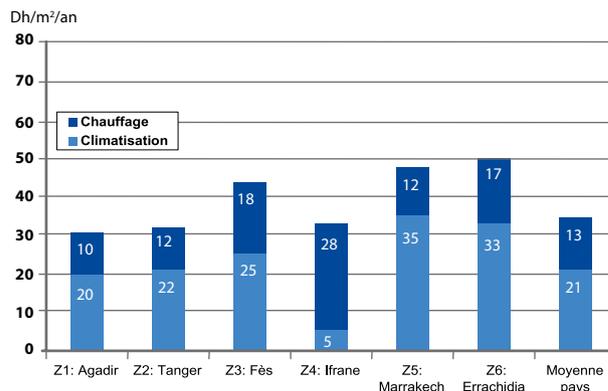


Figure 16 Gains sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones : bâtiments administratifs.

3.2.1.4. Surcoût lié au respect du règlement thermique

Le surcoût lié à la mise an œuvre du règlement thermique dans les bâtiments administratifs se situe en moyenne à 83 Dh/m², soit environ 1,3 %. Ce surcoût varie entre 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, ce surcoût varie de 0,42 % à 2,72 % du coût de la construction.

Tableau 7. Surcoût pour les bâtiments administratifs en %

Zone	Localité	Surcoût (%)
Z1	Agadir	0,42
Z2	Tanger	0,46
Z3	Fès	2,72
Z4	Ifrane	2,62
Z5	Marrakech	2,48
Z6	Errachidia	2,48

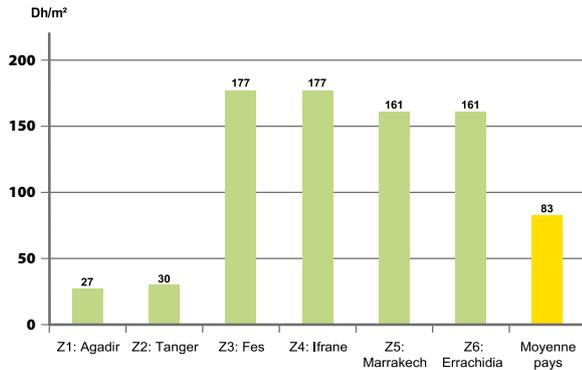


Figure 17 Surcoût d'investissement moyen engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques : bâtiments administratifs.

3.2.1.5. 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 années et varie selon la zone de 1 à plus de 5 ans dans la région d'Ifrane.

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

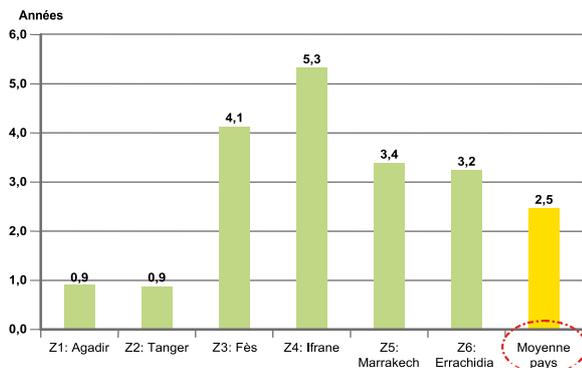


Figure 18 Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique : bâtiments administratifs.



3.2.2. Établissements scolaires

3.2.2.1. 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 :

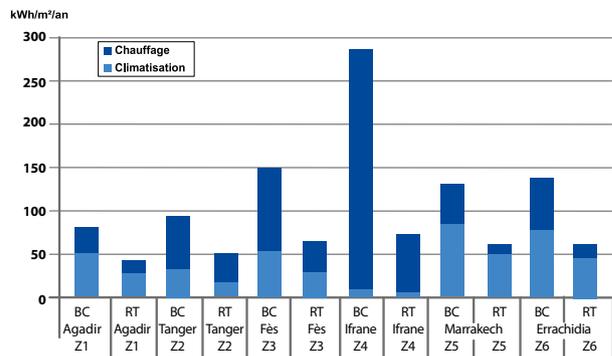


Figure 19 Comparaison cas de base et règlement thermique- bâtiments scolaires ($T_i = 26^\circ\text{C}$ en été) en fonction de la zone climatique

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

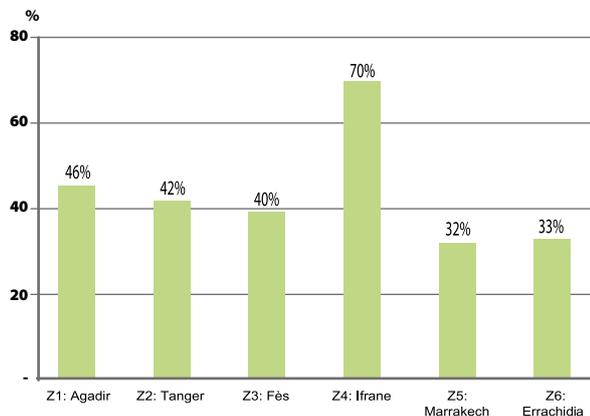


Figure 20 Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments scolaires au Maroc (% de réduction)

3.2.2.2. 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 bâtiments scolaires se situe en moyenne à 48 kWh/m²/an.

Il varie de 23 kWh/m²/an à 202 kWh/m²/an suivant la zone climatique.

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

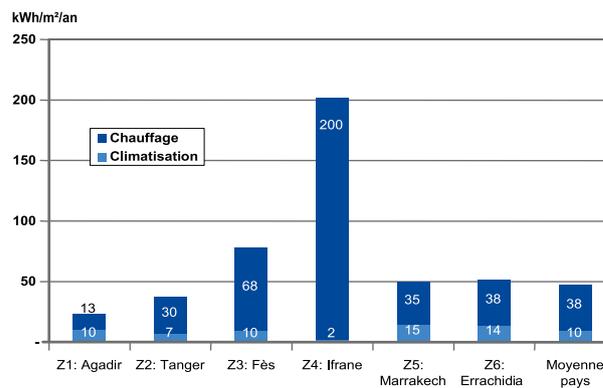


Figure 21 Economie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques : établissements scolaires

3.2.2.3. 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 suivant la zone.

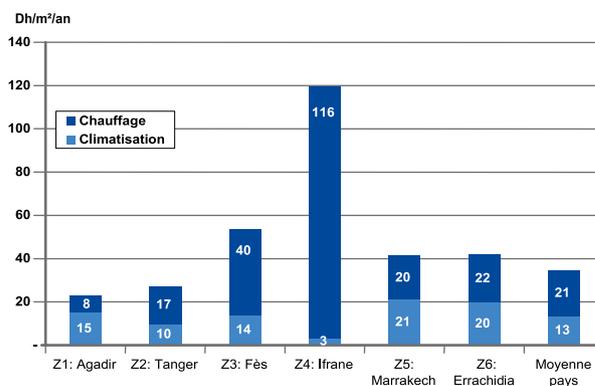


Figure 22 Gains sur la facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques : établissements scolaires

3.2.2.4. Surcoût lié au respect du règlement thermique

Le surcoût lié à la mise an œuvre du 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 graphique ci-après.

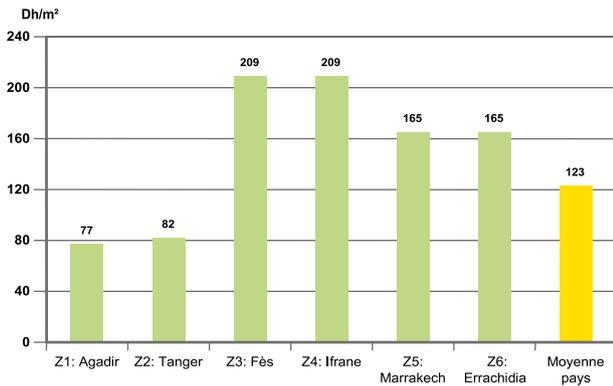


Figure 23 Surcoût d'investissement moyen engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques : établissements scolaires

En termes relatifs, ce surcoût varie de 1,93% à 5,23% du coût de la construction.

Tableau 8. 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



3.2.2.5. 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 de construction est rentable pour les bâtiments scolaires et devrait être développé sur une base spontanée par le Ministère en charge de l'éducation nationale.

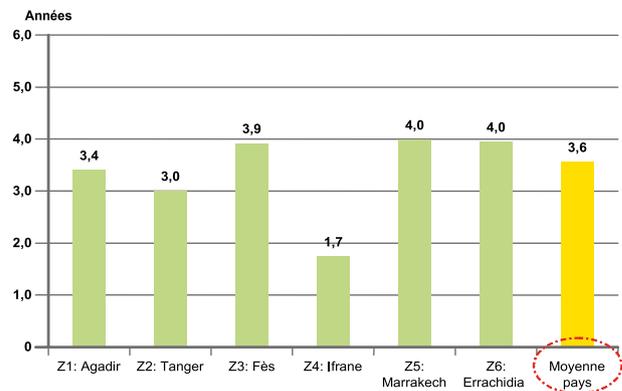


Figure 24 Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique : établissements scolaires



3.2.3. Bâtiments hospitaliers

3.2.3.1. 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 :

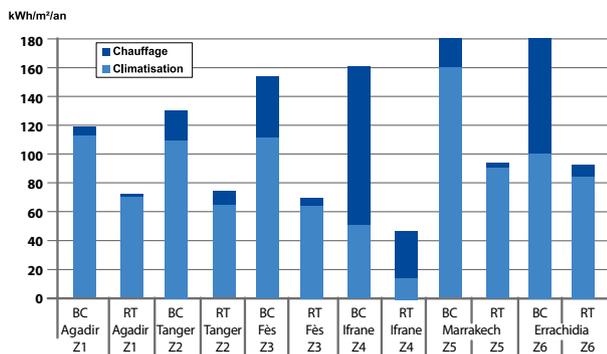


Figure 25 Comparaison cas de base (BC) et règlement thermique (RT) : bâtiment hospitalier ($T_i = 26^\circ\text{C}$ en été) en fonction de la zone climatique

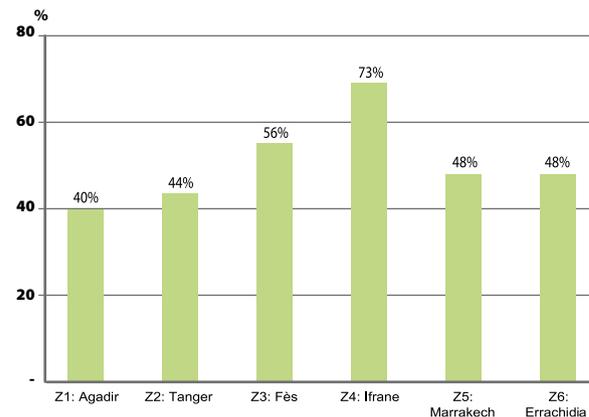


Figure 26 Impact du règlement thermique sur la réduction des besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments hospitaliers au Maroc (% de réduction)

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

3.2.3.2. Impacts 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 bâtiments hospitaliers se situe en moyenne à $39 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$ dont 22 kWh pour la climatisation.

Ce gain varie en fonction de la zone climatique de $23 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$ à $115 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$ dans la zone d'Ifrane.

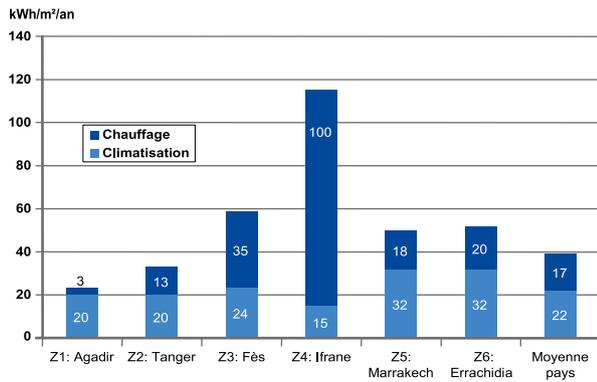


Figure 27 Economie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques : bâtiments hospitaliers

3.2.3.3. 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 40 Dh/m²/an et varie en fonction des zones de 31 à 80 Dh/m²/an (zone d'Ifrane).

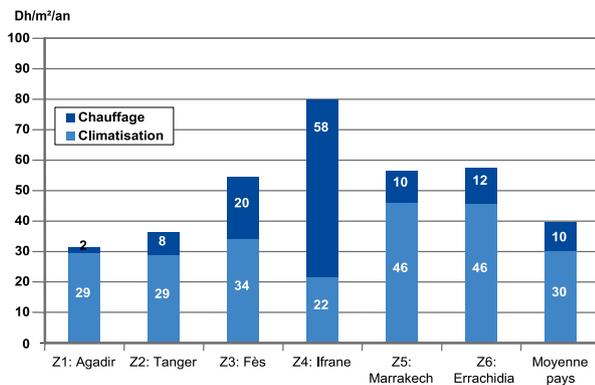


Figure 28 Gains sur facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques : bâtiments hospitaliers



3.2.3.4. Surcoût lié au respect du règlement

Le surcoût lié à la mise en œuvre du 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.

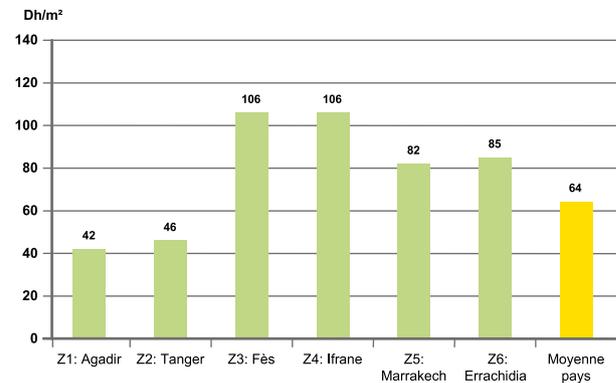


Figure 29 Surcoût d'investissement moyen engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques : bâtiments hospitaliers

En termes relatifs, ce surcoût varie de 1,05% à 2,65% du coût de la construction.

Tableau 9. 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

3.2.3.5. Rentabilité du règlement thermique pour l'établissement

Le temps de retour de la mise en œuvre 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.

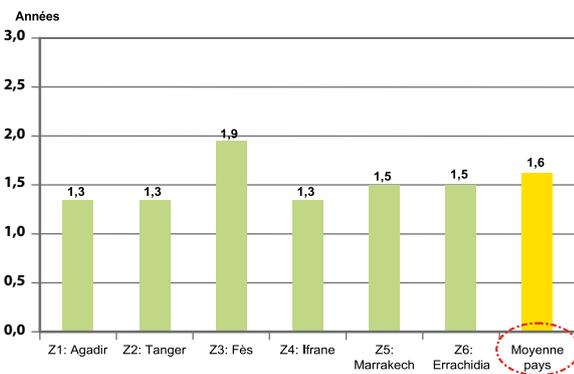


Figure 30 Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique : bâtiments hospitaliers

3.2.4. Établissements hôteliers

3.2.4.1. Impact sur les besoins thermiques en chauffage et climatisation

Le gain en besoins thermiques pour le chauffage et la climatisation dans les hôtels varie selon les zones climatiques de 46% à 70% par rapport à la situation de référence, comme le montre le graphique suivant :

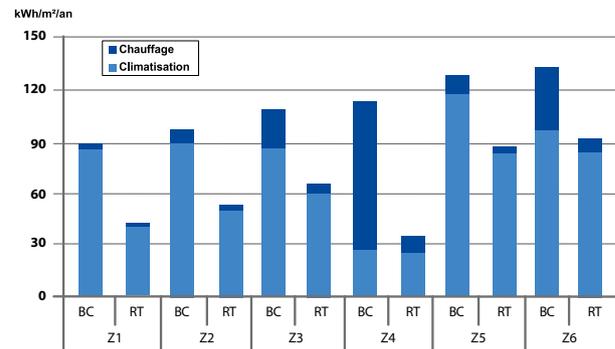


Figure 31 Comparaison cas de base et règlement thermique-établissements hôteliers ($T_i = 26^\circ\text{C}$ en été) en fonction de la zone climatique

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

3.2.4.2. 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 de 19 kWh/m²/an à 80 kWh/m²/an suivant la zone climatique.

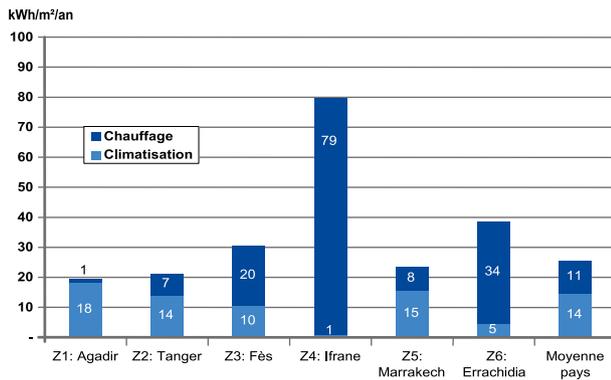


Figure 32 Economie d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation selon les zones climatiques : établissements hôteliers

3.2.4.3. Impact sur la facture énergétique de l'établissement

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

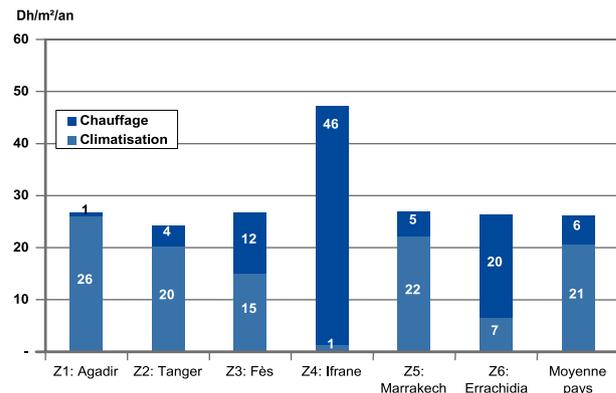


Figure 33 Gains sur facture énergétique pour le consommateur selon les zones climatiques : établissements hôteliers



3.2.4.4. Surcoût lié au respect du règlement

Le surcoût lié à la mise en œuvre du 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.

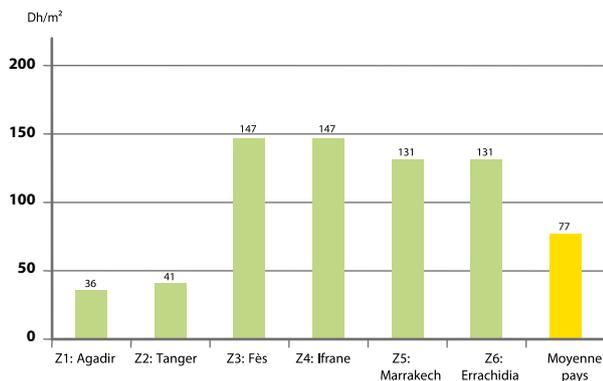


Figure 34 Surcoût d'investissement moyen engendré par le règlement thermique selon les zones climatiques : établissements hôteliers

En termes relatifs, ces surcoûts varient de 0,45% à 1,85% du coût de la construction.

Tableau 10. 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

3.2.4.5. 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 an dans la zone littorale à près de 5 ans dans la région de Fès, Marrakech et Errachidia. Le règlement thermique est rentable pour le secteur hôtelier et devrait se développer sur la base des mécanismes du marché.

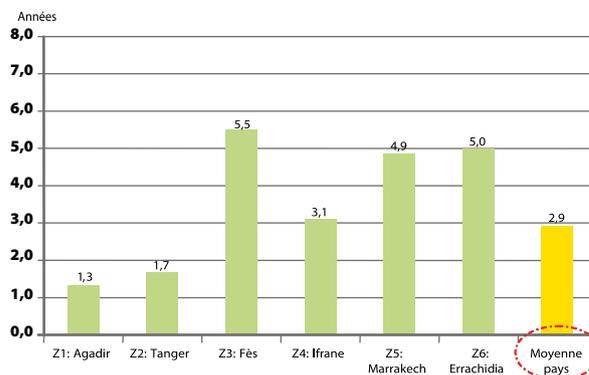


Figure 35 Temps de retour pour le consommateur final selon la zone climatique : établissements hôteliers

4 • Performances énergétiques des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation des bâtiments (CVC)

4.1 Évolution du parc CVC

Si le règlement thermique, volet passif, accorde beaucoup d'importance à la conception du bâtiment et au choix des matériaux de construction, le volet actif du règlement thermique de construction s'intéresse plutôt aux performances énergétiques des équipements et installations énergétiques.

Le Maroc, connaissant un taux de production élevée en logement, dispose d'un parc de plus en plus important d'équipements et d'installations d'éclairage, chauffage, ventilation et climatisation ainsi que de production d'eau chaude sanitaire.

Grâce à la chute du prix des appareils de CVC, la tendance d'acquisition de ces équipements est en forte hausse. Cette progression du parc des climatiseurs, des appareils de production d'eau chaude sanitaire et de chauffage, fonctionnant essentiellement à l'électricité, pose problème quant aux performances de ces équipements.

4.2 Objectifs du règlement

Le règlement thermique de construction, composante indispensable et décisive du plan national d'efficacité énergétique, s'applique aux équipements énergétiques présents dans les bâtiments résidentiels et tertiaires à édifier. Les exigences techniques se présentent sous la forme de caractéristiques minimales d'efficacité énergétique des systèmes énergétiques CVC.

Les principales exigences de résultat sont les suivantes :

- ➔ réduire la consommation énergétique de chauffage, de ventilation et de climatisations des bâtiments ;
- ➔ améliorer le confort thermique ;
- ➔ optimiser la conception des systèmes énergétiques ;
- ➔ inciter les ingénieurs et maîtres d'œuvre à utiliser des approches de conception performantes des systèmes énergétiques du bâtiment ;
- ➔ aider à la réalisation de diagnostics énergétiques des bâtiments existants.

4.3 Définition des équipements de climatisation

Un climatiseur est un appareil livré sous une ou plusieurs enveloppes formant un ensemble destiné à diffuser de l'air conditionné dans un volume clos. Cet ensemble comprend un circuit frigorifique fonctionnant à l'électricité pour assurer le refroidissement et parfois la déshumidification de l'air, ainsi qu'un ou plusieurs ventilateurs de soufflage. Il peut comprendre des moyens de chauffage, de filtration et d'humidification de l'air. Lorsque de tels équipements sont fournis en plusieurs parties, celles-ci doivent fonctionner ensemble.

Un climatiseur peut être construit comme :

- climatiseur monobloc : assemblage en usine de composants, formant un système de refroidissement complet, incorporés dans une seule enveloppe formant une unité compacte.
- climatiseur « split system » : assemblage en usine de composants formant un système de refroidissement divisé au moins en deux parties, raccordées ensemble pour former une unité complète.

4.4 Performances énergétiques minimales

Les dispositions ci-dessous s'appliquent aux installations et équipements de chauffage, de ventilation et de climatisation des bâtiments résidentiels et tertiaires pour lesquels le conditionnement d'air est destiné principalement au confort des occupants.

Le tableau suivant donne les valeurs réglementaires des performances énergétiques minimales :



Tableau 11. Performances énergétiques minimales

Catégorie	Mode de fonctionnement	Climatiseurs split et multi-split	Climatiseurs monoblocs
Climatiseurs à condensation par air	Refroidissement	EER > 2,8	EER > 2,6
	Chauffage	COP > 3,2	COP > 3,0
Climatiseurs à condensation par eau	Refroidissement	EER > 3,1	EER > 3,8
	Chauffage	COP > 3,2	COP > 3,0

4.5 Conditions intérieures de confort

Les conditions intérieures de calcul seront conformes aux dispositions de la norme marocaine NM ISO 7730. Dans le cas général on se réfère aux conditions prescrites dans le tableau suivant :

Période	Température sèche	Humidité Relative
Été	26 °C	60%
Hiver	20 °C	55%

4.6 Conditions extérieures de calcul

Les conditions extérieures de base pour le calcul des charges thermiques sont définies dans le tableau

13 et 14 Pour les localités non spécifiées, on se réfère à la station météorologique la plus proche.

Définitions :

- ➔ conditions standards d'hiver sans exigence de confort particulière : la température sèche extérieure de base d'hiver définie comme la température sèche dépassée vers le bas au maximum quatre fois par an par les températures minimales journalières (moyenne sur 30 ans).
- ➔ conditions standards d'été sans exigence de confort particulière : la température sèche extérieure de base d'été définie comme la température sèche dépassée vers le haut au maximum quatre fois par an par les températures maximales journalières (moyenne sur 30 ans).



Tableau 13. Conditions extérieures de calcul de la charge frigorifique

Nom de la ville	Longitude	Latitude	Altitude [m]	T sèche [°C]	T humide [°C]
Agadir	-9,57	30,38	23	37	22,8
Al-Hoceima	-3,85	35,18	12,1	33	21,6
Béni-Mellal	-6,40	32,37	468	43	22,1
Bouarfa	-1,95	32,57	1 142	40	18,7
Casablanca	-7,67	33,57	57	32	23,2
Chefchaouen	-5,30	35,08	300	38	25,9
Dakhla	-15,93	23,72	11	32	22,4
El-Jadida	-8,52	33,23	270	29	21,7
Essaouira	-9,78	31,52	7,1	29	16,9
Fès	-4,98	33,97	571,3	41	21,7
Guelmim	-10,05	29,02	300	44	23,9
Ifrane	-5,17	33,50	1 663,8	34	18,6
Kasba-Tadla	-6,27	32,60	507	44	23,1
Kénitra	-6,60	34,30	5	36	23,8
Khouribga	-6,90	32,88	785	41	23,6
Laayoune	-13,22	27,17	64	38	23,4
Larache	-6,13	35,18	46,7	37	24,3
Marrakech	-8,03	31,62	463,5	43	24,6
Meknès	-5,53	33,88	548,2	40	22,7
Midelt	-4,73	32,68	1 508	36	19,4
Mohammedia	-7,40	33,72	5	28	22,2
Nador	-2,92	35,15	6,9	34	22,9
Nador-Aroui	-3,02	34,98	178	37	25,6
Nouasseur	-7,58	33,37	200	38	23,5
Ouarzazate	-6,90	30,93	1 136	40	20,7
Oujda	-1,93	34,78	465	40	23
Rabat-Salé	-6,77	34,05	75	35	22,2
Errachidia	-4,40	31,93	1 037,2	41	20,2
Settat	-7,62	32,95	480	40	22,7
Sidi-Ifni	-10,18	29,37	49,5	35	23
Sidi-Slimane	-6,05	34,23	52	43	25,5
Smara	-11,67	26,67	110	46	26,7
Tanger	-5,90	35,72	15,4	35	22,8
Tan-Tan	-10,93	28,17	45	37	23,2
Taroudant	-8,82	30,50	264	45	23,6
Taza	-4,00	34,22	509,2	42	24,4
Tétouan	-5,33	35,58	5	35	21,5
Tiznit	-9,73	29,68	260,5	39	22,8

Tableau 14. Conditions extérieures de calcul de la charge de chauffage

Nom de la Station	Longitude	Latitude	Altitude [m]	T sèche [°C]
Agadir	-9,57	30,38	23	4
Al-Hoceima	-3,85	35,18	12,1	5
Béni-Mellal	-6,40	32,37	468	-1
Bouarfa	-1,95	32,57	1 142	-2
Casablanca	-7,67	33,57	57	5
Chefchaouen	-5,30	35,08	300	-1
Dakhla	-15,93	23,72	11	12
El-Jadida	-8,52	33,23	270	5
Essaouira	-9,78	31,52	7,1	8
Fès	-4,98	33,97	571,3	-1
Guelmim	-10,05	29,02	300	5
Ifrane	-5,17	33,50	1 663,8	-6
Kasba-Tadla	-6,27	32,60	507	0
Kénitra	-6,60	34,30	5	2
Khouribga	-6,90	32,88	785	1
Laayoune	-13,22	27,17	64	8
Larache	-6,13	35,18	46,7	4
Marrakech	-8,03	31,62	463,5	3
Meknès	-5,53	33,88	548,2	1
Midelt	-4,73	32,68	1 508	-3
Mohammedia	-7,40	33,72	5	7
Nador	-2,92	35,15	6,9	2
Nador-Aroui	-3,02	34,98	178	1
Nouasseur	-7,58	33,37	200	1
Ouarzazate	-6,90	30,93	1 136	-1
Oujda	-1,93	34,78	465	-1
Rabat-Salé	-6,77	34,05	75	4
Errachidia	-4,40	31,93	1 037,2	-2
Settat	-7,62	32,95	480	1
Sidi-Ifni	-10,18	29,37	49,5	11
Sidi-Slimane	-6,05	34,23	52	1
Smara	-11,67	26,67	110	7
Tanger	-5,90	35,72	15,4	3
Tan-Tan	-10,93	28,17	45	9
Taroudant	-8,82	30,50	264	4
Taza	-4,00	34,22	509,2	2
Tétouan	-5,33	35,58	5	4
Tiznit	-9,73	29,68	260,5	5

5. Conclusion

Le Règlement Thermique de Construction au Maroc (RTCM) apporte une solution au problème de la consommation énergétique excessive dans le secteur du bâtiment, tant sur le plan de la construction que dans l'exploitation des équipements électriques.

L'accélération de la construction de nouveaux logements, et l'élargissement du parc d'appareils de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC), ont un impact important sur la consommation énergétique globale du pays. Destiné à tous les acteurs de l'acte de bâtir au Maroc, mais aussi aux usagers potentiels, ce document synthétise les exigences techniques du RTCM.

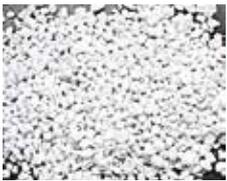
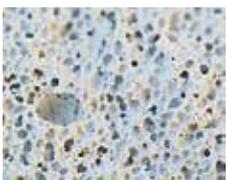
Le document présente les principaux impacts socio-économiques, énergétiques et environnementaux du règlement thermique sur le consommateur final. A titre d'exemple pour le résidentiel, les économies d'énergie par rapport à la consommation habituelle varient selon les zones climatiques et vont de 8 kWh/m²/an en zone Z1 à 75 kWh/m²/an en zone Z4. Les bâtiments administratifs enregistrent quant à eux une économie d'énergie potentielle allant de 52% à 74% selon les zones climatiques.

Sont également définies les performances thermiques minimales de l'enveloppe dans le résidentiel et le tertiaire (isolation thermique des parois, orientation, matériaux de construction) et les performances énergétiques minimales des systèmes de chauffage, ventilation et climatisation. Pour le dimensionnement des systèmes CVC des tableaux donnent les conditions extérieures de base pour le calcul des charges thermiques.

Annexe 1. Comparatif des produits d'isolation

Tableau 15. Comparatif des produits d'isolation

Matériau	Aspect	Densité [kg/m ³]	Conductivité Thermique I[W/m ² .K]	Résistance à la vapeur d'eau m	Comportement au feu	Résistance à la compression [kg/cm ²]
Laine de roche		20 à 150	0,034 à 0,040	0,8 à 2,2	Incombustible à non inflammable	0,7 à 1,3
Laine de verre		13 à 60	0,034 à 0,045	Rouleaux : 1 à 2 Panneaux : 3 à 4	Peu combustible à non inflammable	0,2
Polyuréthane		28 à 50	0,022 à 0,028	100	Combustible moyennement inflammable	1,6 à 3,5
Liège		80 à 140	0,032 à 0,045	10 à 13	Difficilement inflammable	0,2
Polystyrène		(PSE) 15 à 65 (XPS) 20 à 30	(PSE) 0,03 à 0,04 (XPS) 0,028	20 à 225	Moyennement inflammable	(PSE) 0,7 à 3,5 (XPS) 3 à 7

Béton de polystyrène		500 à 1200	0,8 à 2,2	6 à 8	Non inflammable	5 à 8
Perlite expansée		90 à 170	0,045 à 0,050	6 à 10	Incombustible	3,5
Béton de perlite		450 à 600	0,15 à 0,31	4 à 6	Incombustible	11
Béton cellulaire		350 à 550	0,10 à 0,18	6 à 10	Incombustible et non inflammable	11
Thermo-pierre		350 à 550	0,09 à 0,10	10	Incombustible et non inflammable	3 à 4,5

Annexe 2. Glossaire des abréviations et termes techniques

Tableau 16. 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.
Tep	Tonne équivalent pétrole.
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement.
RTCM	Règlement Thermique de Construction au Maroc.
TeCO ₂	Tonne équivalent CO ₂ .

Tableau 17. 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

Annexe 3. Carte des isolignes de température sèche de base de l'été

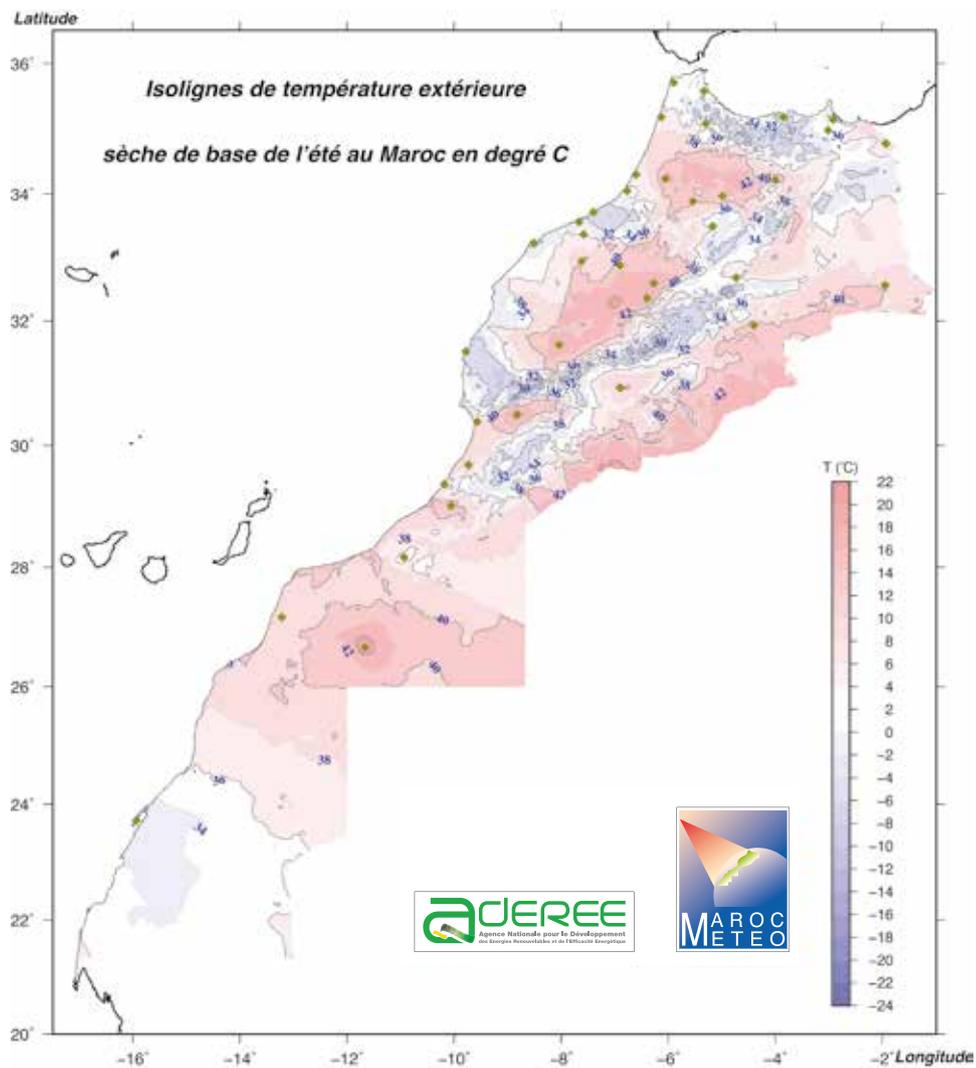


Figure 36 Carte des iso-températures extérieures sèches de base de l'été calculées en se basant sur la correction par rapport à l'altitude.

Annexe 4. Cartes des Isolignes de température extérieure humide de base de l'été

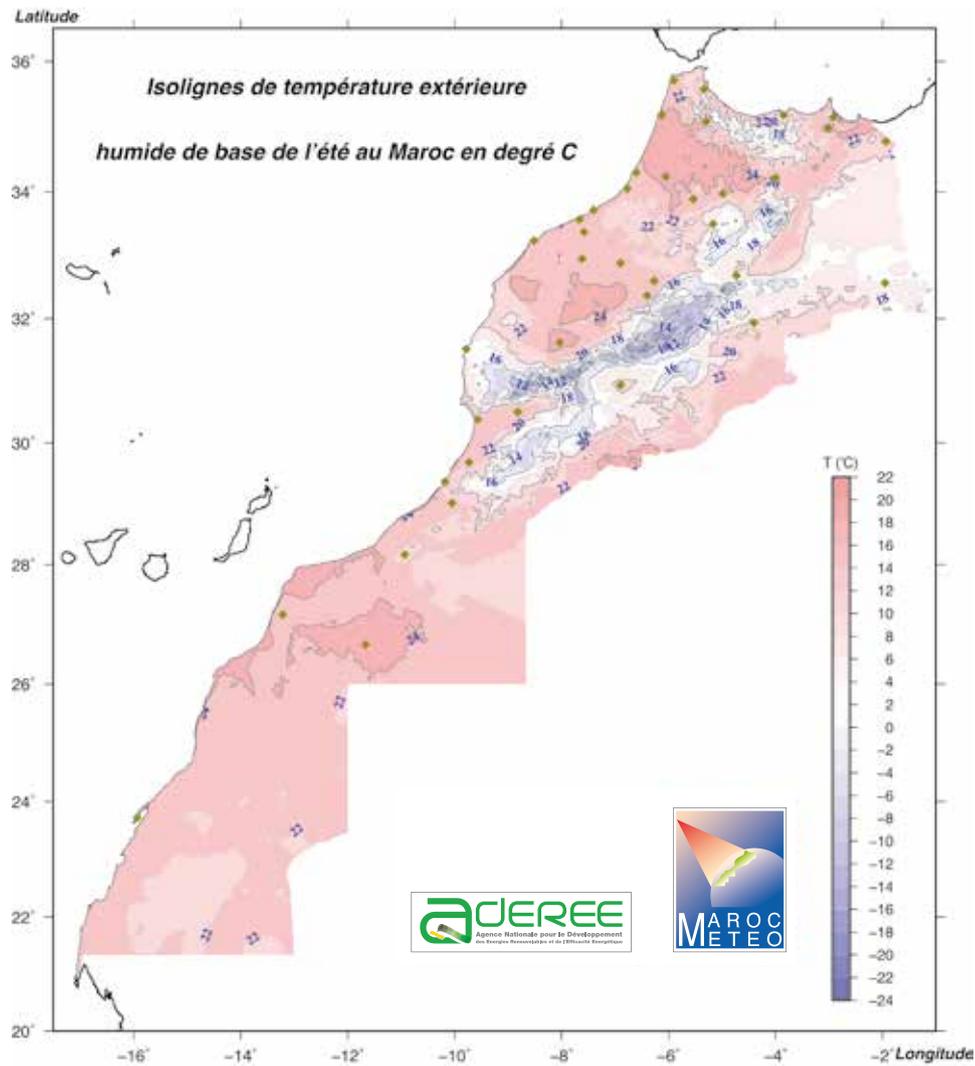


Figure 37 Carte des iso-températures extérieures humides de base de l'été calculées en se basant sur la correction par rapport à l'altitude.

Annexe 5. Cartes des Isolignes de température extérieure sèche de base de l'hiver

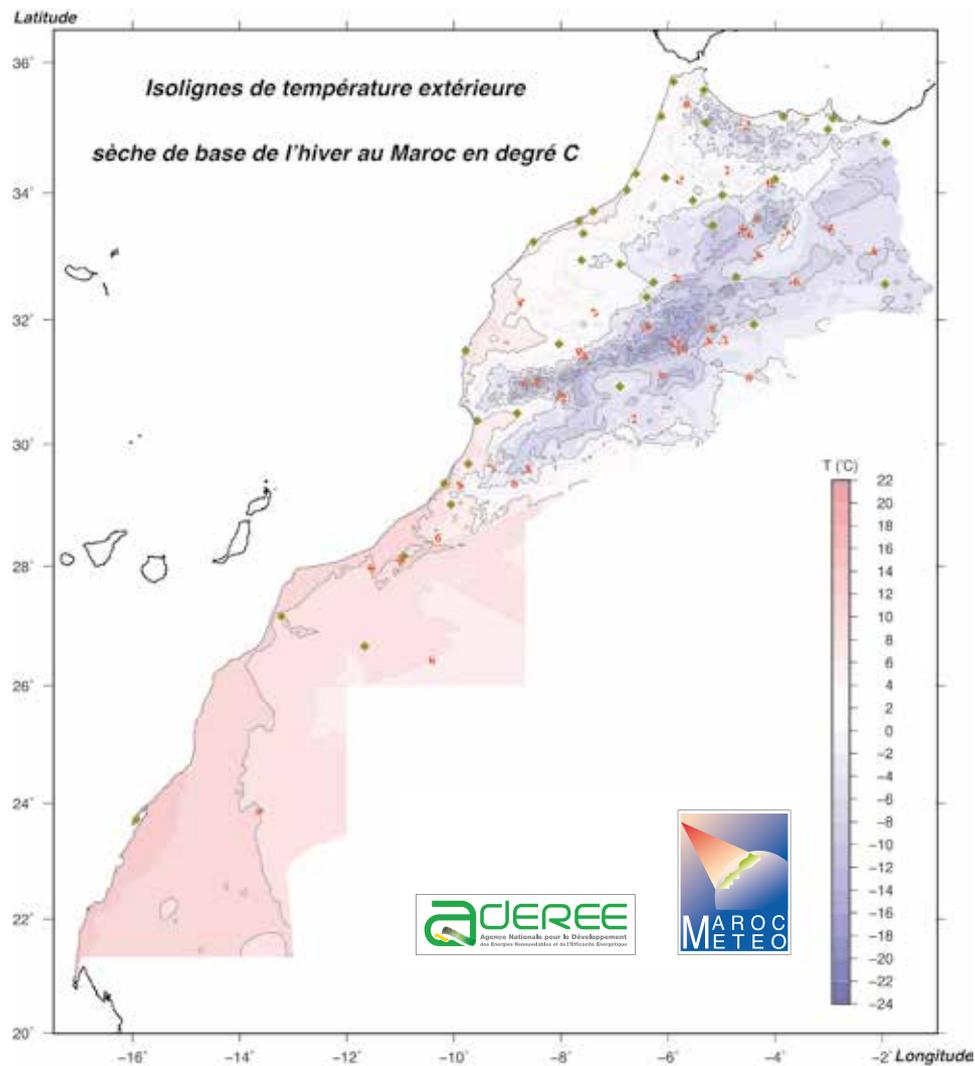
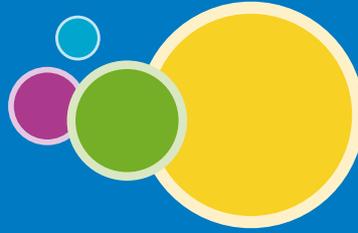


Figure 38 Carte des iso-températures extérieures sèches de base de l'hiver calculées en se basant sur la correction par rapport à l'altitude.



amee

Agence Marocaine
pour l'Efficacité Energétique



contact@amee.ma

www.amee.ma

