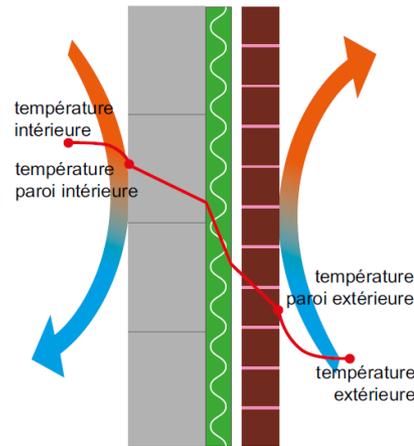
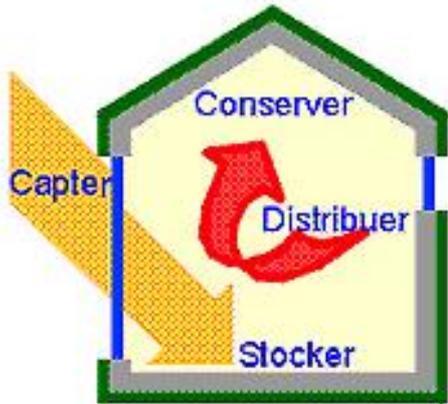




Réglementation marocaine sur la thermique et sur la stratégie énergétique favorable au développement des énergies renouvelables



Taib AJZOU

Professeur au Département de Physique
Faculté des Sciences de Tétouan

Réglementation marocaine sur la thermique et sur la stratégie énergétique favorable au développement des énergies renouvelables

Plan du cours:

- Les principaux textes réglementaires sur la thermique et sur la nouvelle stratégie énergétique marocaine.
- Le Règlement Thermique de Construction au Maroc (RTCM) :
 - Les zones climatiques.
 - Les approches de la mise en œuvre du règlement thermique
 - Logiciel BINAYATE Prescriptive
 - L'impact sur les besoins thermiques en chauffage et climatisation.
 - Le surcoût d'investissement.
- L'entrée en vigueur de la réglementation thermique dans le bâtiment.

Résumé es textes juridiques publiés dans les domaines de la thermique et des énergies renouvelables :

Loi n°13-09 du 11 février 2010 relative aux énergies renouvelables

Cette loi permet :

- ❑ de combler les lacunes juridiques dans le domaine des énergies renouvelables,
- ❑ d'encourager les investissements dans le domaine des énergies renouvelables,
- ❑ de préserver l'environnement par la limitation des émissions des gaz à effet de serre.

La Loi n° 13 - 09 fixe notamment 3 objectifs :

❑ La promotion de la production d'énergie à partir de sources renouvelables (commercialisation et exportation par des entités publiques ou privées),

❑ L'instauration d'un régime d'autorisation ou de déclaration aux installations de production d'énergie à partir de sources renouvelables :

- Déclaration : $20 \text{ kilowatts} < \text{Puissance installée} < 2 \text{ mégawatts}$
- Autorisation : $\text{Puissance installée} \geq 2 \text{ mégawatts}$,

❑ Le droit, pour un exploitant, de produire de l'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables pour le compte de consommateurs raccordés au réseau électrique national de moyenne tension (MT), haute tension (HT) et très haute tension (THT).

Décret n° 2 - 10 - 578 du 11 avril 2011 pris pour l'application de la loi n° 13 - 09 relative aux énergies renouvelables

Ce décret a été promulgué en vue d'établir et d'arrêter les procédures liées aux modalités du **constitution et du dépôt du dossier de demande d'autorisation**.

Il a été aussi promulgué en application de plusieurs articles de la loi n° 13.09 relative aux énergies renouvelables :

- Modalités de raccordement au réseau,
- Conditions commerciales de fourniture de l'énergie électrique,
- Modalités de révision du droit annuel d'exploitation des installations de production d'électricité à partir des énergies renouvelables .
- Etc.

Loi n° 16 - 09 relative l'Agence nationale pour le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique

Cette loi transforme le Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER) en une Agence nationale pour le Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Énergétique (ADEREE),

Cette loi permet au Maroc de **se doter d'une institution opérationnelle agissant dans le domaine des énergies renouvelables.**

L'ADEREE a pour mission de contribuer à la **mise en œuvre de la politique du Maroc en matière d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique.**

L'ADEREE est **chargée de plusieurs missions** (voir article 3 de la Loi n° 16 - 09).

Décret n° 2 - 10 - 320 pris pour l'application de la loi n° 16 - 09 relative à l'ADEREE

Ce décret fixe le siège et la composition des membres du conseil d'administration de l'Agence.

Il accorde également une part des recettes de la quote-part du droit annuel d'exploitation des installations de production d'énergie électrique à partir des sources d'énergies renouvelables.

Ce décret a été publié au Bulletin Officiel n° 5948 en date du 2 juin 2011.

La loi n° 57 - 09 du 11 février 2010 relative à la création de l'agence marocaine de l'énergie solaire « MASEN »

La loi permet à l'agence d'assurer le pilotage des **études techniques, économiques et financières** nécessaires à la concrétisation et la mise en œuvre du grand projet marocain intégré de l'énergie solaire.

Ce projet, qui vise la mise en place en 2020 d'une capacité de 2000 MW de production électrique à partir de l'énergie solaire, placera le Maroc en tant qu'acteur de référence dans le solaire à l'échelle internationale.

Loi n° 47 - 09 relative à l'efficacité énergétique (B.O. n° 5996 du 17 novembre 2011).

Cette loi a pour objet :

- d'augmenter l'efficacité énergétique dans l'utilisation des sources d'énergie,
- d'éviter le gaspillage,
- d'atténuer la charge du coût de l'énergie sur l'économie nationale,
- de contribuer au développement durable.

Sa mise en œuvre repose principalement sur les principes :

- de la performance énergétique,
- des exigences d'efficacité énergétique,
- des études d'impact énergétique,
- de l'audit énergétique obligatoire,
- du contrôle technique.

Décret n° 2 – 13 - 874 du 15 octobre 2014 approuvant le règlement général de construction fixant les règles de performance énergétique des constructions et instituant le comité national de l'efficacité énergétique dans le bâtiment.

Le présent décret vise à augmenter l'efficacité énergétique dans les bâtiments.

A l'aide du règlement général de construction, il fixe les règles de performance énergétique de construction applicables aux nouveaux bâtiments résidentiels et tertiaires à édifier.

Pour l'application de ce règlement général de construction, le territoire national est divisé en zonages climatiques bien définies.

Le décret indique aussi la création d'un comité dit :
«Comité national de l'efficacité énergétique dans le bâtiment»

Ce comité est chargé de proposer les améliorations à apporter au règlement général de construction, compte tenu de l'évolution de la connaissance et des techniques de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables.

Règlement Thermique de Construction au Maroc (RTCM)

Ce règlement a été élaboré dans le cadre du projet de Code d'efficacité énergétique dans les bâtiments résidentiels et tertiaires.

❑ **Bâtiment résidentiel**: tout bâtiment dont les espaces réservés à l'habitation constituent plus de 80 % du plancher ;

❑ **Bâtiment tertiaire**: tous

- les équipements publics,
- les bâtiments relevant des secteurs du tourisme,
- les bâtiments relevant de la santé,
- les bâtiments relevant de l'éducation,
- les bâtiments relevant de l'enseignement,
- les bâtiments relevant du commerce,
- les bâtiments relevant des services.

L'objet de ce règlement thermique de construction est de **fixer les exigences des caractéristiques thermiques et des performance énergétique que doivent respecter les projets de bâtiments à édifier ou à modifier, notamment :**

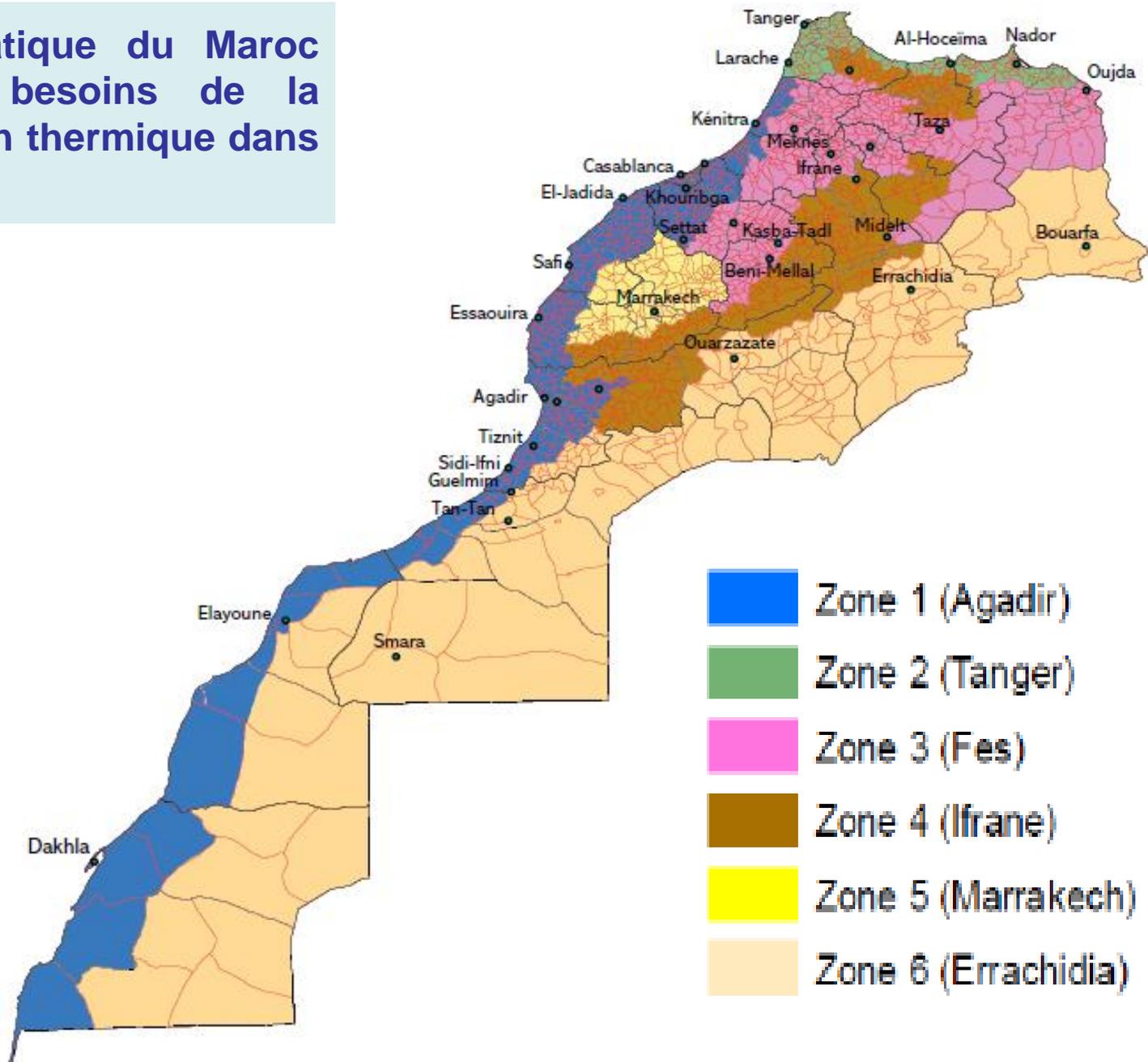
- Réduire les besoins de chauffage et de climatisations des bâtiments ;
- Améliorer le confort thermique et limiter les surchauffes dans le bâtiment en période estivale ;
- Optimiser la conception de l'enveloppe du bâtiment indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre ;
- Inciter les architectes, ingénieurs et maîtres d'œuvre à l'utilisation des approches de conception thermique performante de l'enveloppe du bâtiment ;
- Aider à la réalisation de diagnostics énergétiques des bâtiments existants.

Zones climatiques

Pour l'application du règlement général de construction fixant les règles de performance énergétique des constructions, le territoire marocain a été subdivisé en 6 zones climatiques homogènes :

| 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 aux besoins de la réglementation thermique dans le bâtiment.



Méthode de l'identification des zones climatiques

Le travail de la division du territoire marocain en 6 zones climatiques homogènes a été réalisé en se basant sur :

- ❑ L'analyse des données climatiques enregistrées par 37 stations météorologiques sur la période de 1999 - 2008 (10 ans),
- ❑ Les résultats de simulations des besoins thermiques annuels de chauffage et de climatisation des bâtiments dans onze (11) villes marocaines représentatives.

Les approches de la mise en œuvre du règlement thermique :

1) Approche globale dite performancielle

Les besoins annuels de chauffage et/ou de refroidissement du bâtiment sont calculés par des logiciels de simulation énergétique de bâtiments ou par des outils informatiques simplifiés, en utilisant les températures de référence suivantes pour le chauffage et la climatisation :

- ❑ 20° C en hiver,
- ❑ 26° C en été.

Ces besoins correspondent aux besoins calorifiques et/ou frigorifiques du bâtiment indépendamment du type d'installations de chauffage et/ou de refroidissement utilisées.

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 :

| Conditions intérieures de calcul : humidité et température sèche | | |
|---|-------------------|-------------------|
| Période | Température sèche | Humidité Relative |
| Eté | 26 °C | 60% |
| Hiver | 20 °C | 55% |

Besoins énergétiques spécifiques annuels du bâtiment

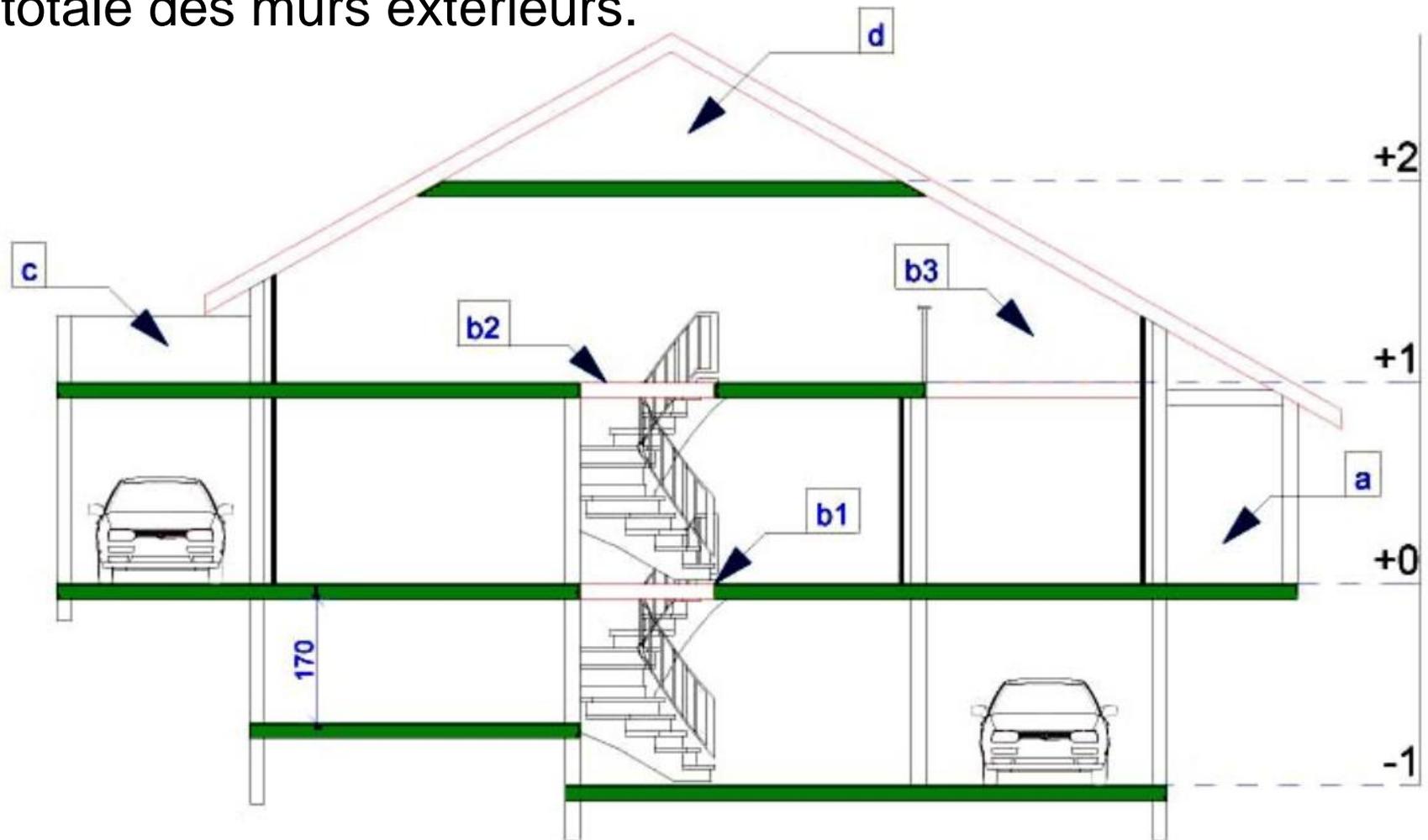
Les besoins énergétiques spécifiques annuels liés au confort thermique d'un bâtiment ($BECTh$) sont déterminés selon la formule suivante :

$$BECTh = \frac{BECh + BERef}{STC}$$

- $BECh$: Besoins énergétiques annuels pour le chauffage exprimés en kWh/an et calculés sur la période d'hiver pour une température intérieure de base $T_{ch}=20^{\circ} C$;
- $BERef$: Besoins énergétiques annuels pour le refroidissement exprimés en kWh/an et calculés sur la période d'été pour une température intérieure de base $T_{ref} = 26^{\circ} C$;
- STC : Surface totale habitable conventionnellement conditionnée exprimée en m^2 et égale à la somme des surfaces des planchers hors d'œuvre.

Les besoins énergétiques spécifiques annuels d'un bâtiment ($BECTh$) sont exprimés en **kWh/ (m^2 .an)**.

Le calcul d'une surface de plancher hors œuvre prend en compte la surface totale de ce plancher, y compris celle occupée par les cloisons ou les escaliers, plus l'épaisseur totale des murs extérieurs.



SOMME DE TOUS LES PLANCHERS COMPTES A L'EXTERIEUR DES MURS

SOMME DE TOUS LES PLANCHERS COMPTES A L'EXTERIEUR DES MURS

Niv. -1 :

Cumul de tous les "sols" y compris une cave laissée en "terre battue"

Niv. +0 :

Cumul de tous les "planchers" y compris sol extérieur des terrasses couvertes ou non (a) déduire les trémies d'escalier (b1)

Niv. +1 :

Cumul de tous les planchers y compris balcon ou terrasse extérieures (c) déduire trémie d'escalier (b2) / Ne pas compter les vides mezzanine (b3)

Niv. +2 :

Ajouter les planchers utilisables (Grenier)
Ne pas compter les faux plafonds (d)

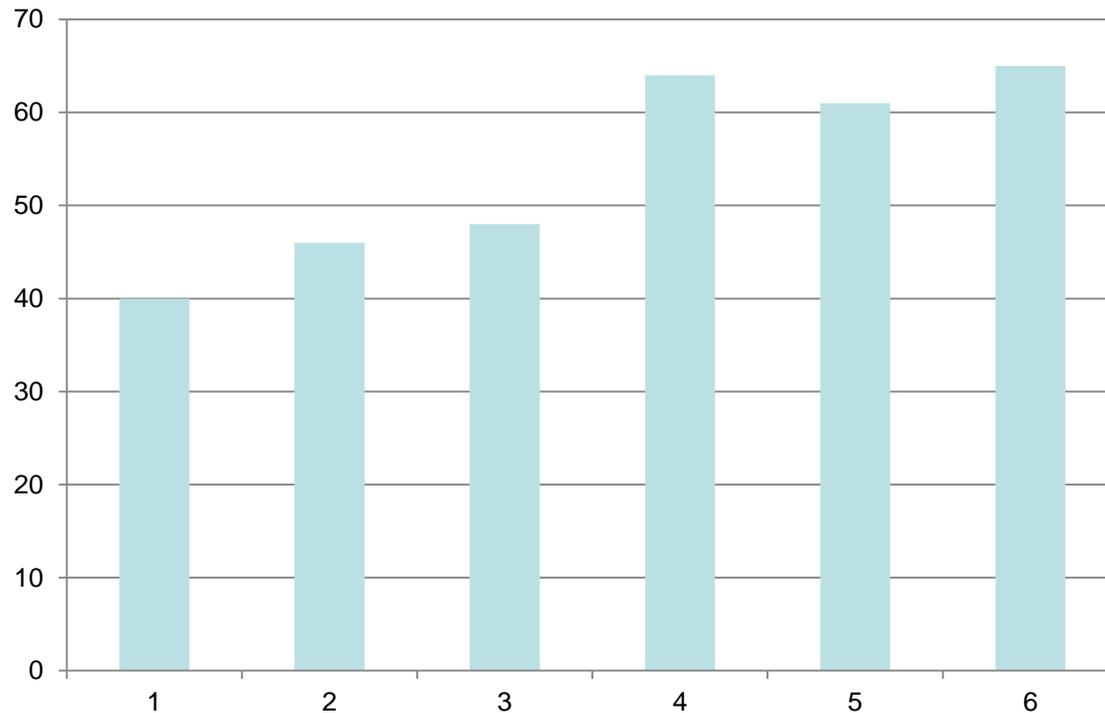
Spécifications techniques minimales des performances thermiques des bâtiments

| <i>Zones</i> | <i>Besoins spécifiques thermiques annuels maximaux de chauffage et de climatisation des bâtiments au Maroc en kWh/m²/an</i> | | | | |
|------------------------|--|---------------------|--------------|-----------------|----------------------------|
| | <i>Résidentiels</i> | <i>Enseignement</i> | <i>Santé</i> | <i>Tourisme</i> | <i>Autre^(*)</i> |
| <i>Z1 - Agadir</i> | 40 | 44 | 72 | 48 | 45 |
| <i>Z2 - Tanger</i> | 46 | 50 | 73 | 52 | 49 |
| <i>Z3 - Fès</i> | 48 | 61 | 68 | 66 | 49 |
| <i>Z4 - Ifrane</i> | 64 | 80 | 47 | 34 | 35 |
| <i>Z5 - Marrakech</i> | 61 | 65 | 92 | 88 | 56 |
| <i>Z6 - Errachidia</i> | 65 | 67 | 93 | 88 | 58 |

() Autre : tous les autres types des bâtiments tels que: bureau, commerce, administration, service et autres bâtiments publics.*

Spécifications techniques minimales des performances thermiques des bâtiments :

Exemple de bâtiments Résidentiels



| Zones |
|------------------------|
| Z1 - Agadir |
| Z2 - Tanger |
| Z3 - Fès |
| Z4 - <u>Ifrane</u> |
| Z5 - Marrakech |
| Z6 - <u>Errachidia</u> |

Besoins spécifiques thermiques annuels maximaux de chauffage et de climatisation en kWh/m²/an dans le cas des bâtiments résidentiels au Maroc

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

2) Approche simplifiée dite prescriptive

Les caractéristiques thermiques des parois de l'enveloppe d'un bâtiment sont données dans un tableau exprimant :

- ❑ Les coefficients de transmission thermique (U)
 - des toitures,
 - des murs extérieurs,
 - des planchers sur pilotis (fondation),
 - des baies vitrées.
- ❑ Le facteur solaire équivalent (FS*) des baies vitrées ;
- ❑ 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 :

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

Cette valeur doit être inférieure à 45% pour pouvoir utiliser l'approche prescriptive.

Baies : ouvertures

Calcul du Coefficient de Transmission Thermique :

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 :

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

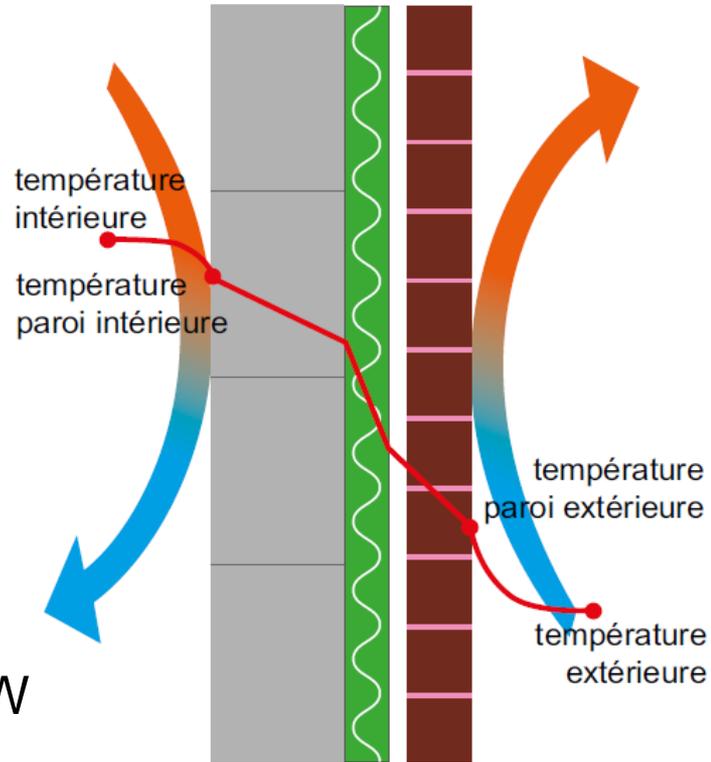
Avec :

- 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 ($m^2.K/ W$)

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

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

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

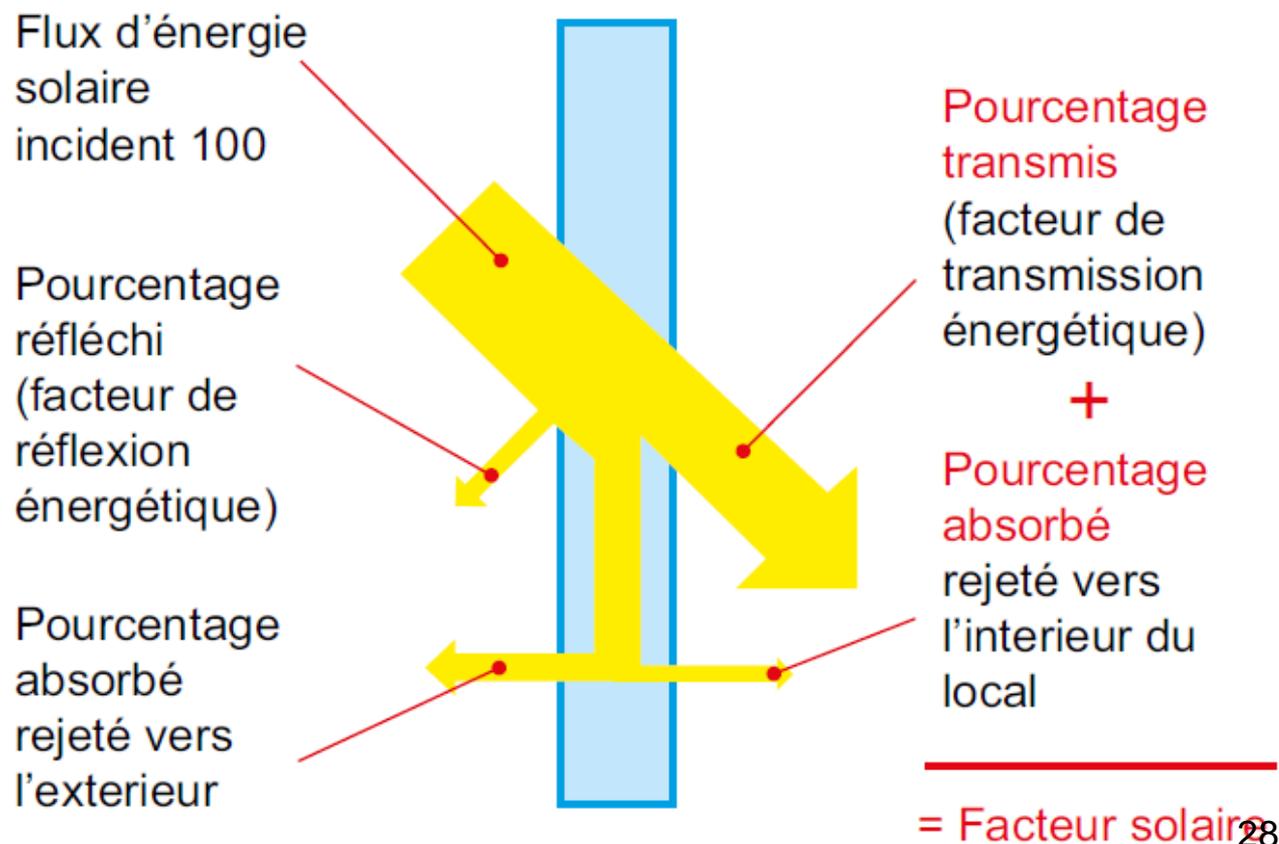


Les échanges de chaleur à travers l'enveloppe sont proportionnels au coefficient "U".

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 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).

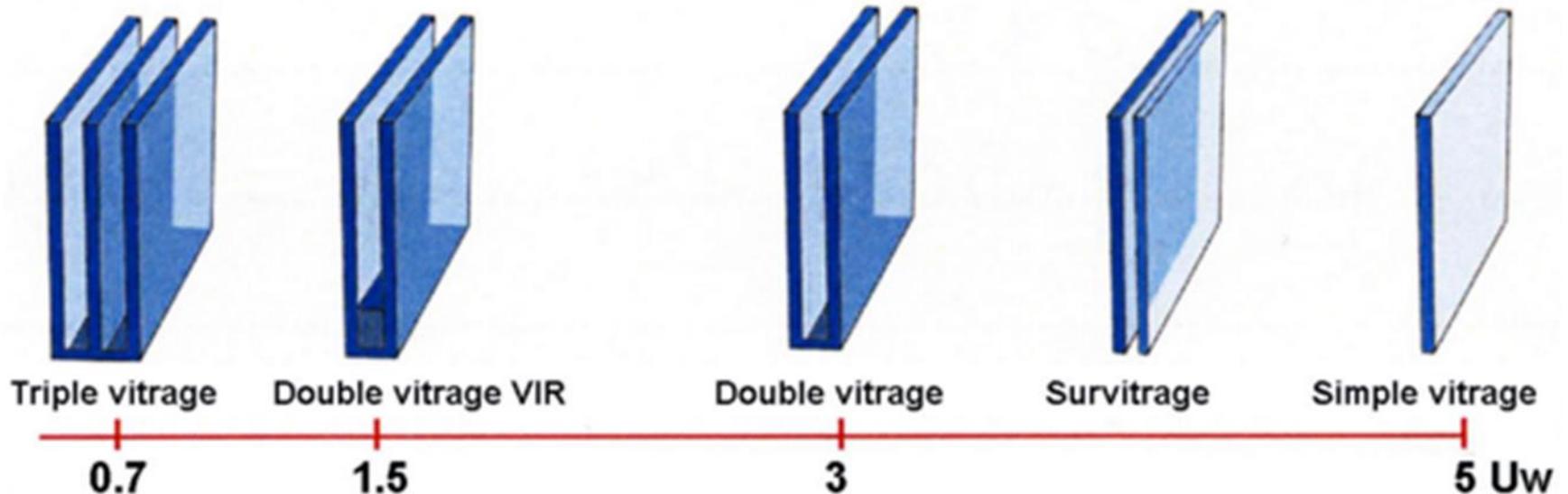


Ce facteur solaire FS, exprimée en pourcentage (%), que l'on retrouve derrière la baie vitrée est la résultante des phénomènes très complexes de transmission, d'absorption et de réflexion qui ont lieu dans le système considéré.

Le coefficient FS est donné par le fabricant des vitrages.

Coefficient de transmission thermique des vitrages

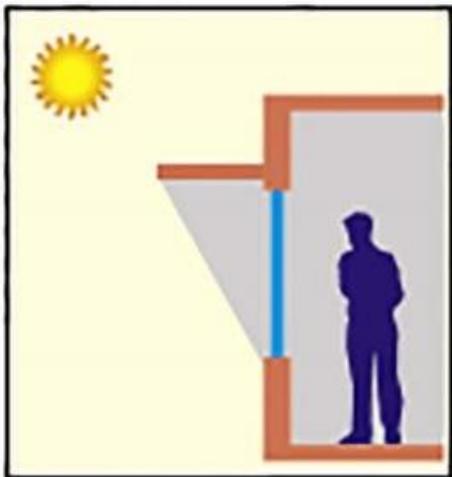
■ Les fenêtres : les performances se calculent avec le coefficient U_w



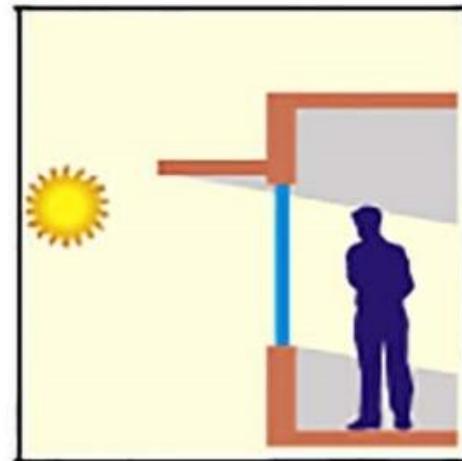
FS* est le facteur solaire équivalent des baies vitrées :

C'est la quantité d'énergie solaire, exprimée en pourcentage (%), que l'on retrouve derrière les baies vitrées associées à leurs protections solaires architecturales extérieures.

Protections solaires architecturales extérieures



Eté



Hiver

Ainsi, 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,
 - des baies vitrées.
- ❑ au facteur solaire équivalent (FS*) des baies vitrées,
- ❑ à la résistance thermique (R) des planchers sur sol plein.

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 |
| | 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 |

NE: pas d'exigence.

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 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 |

NE: pas d'exigence.

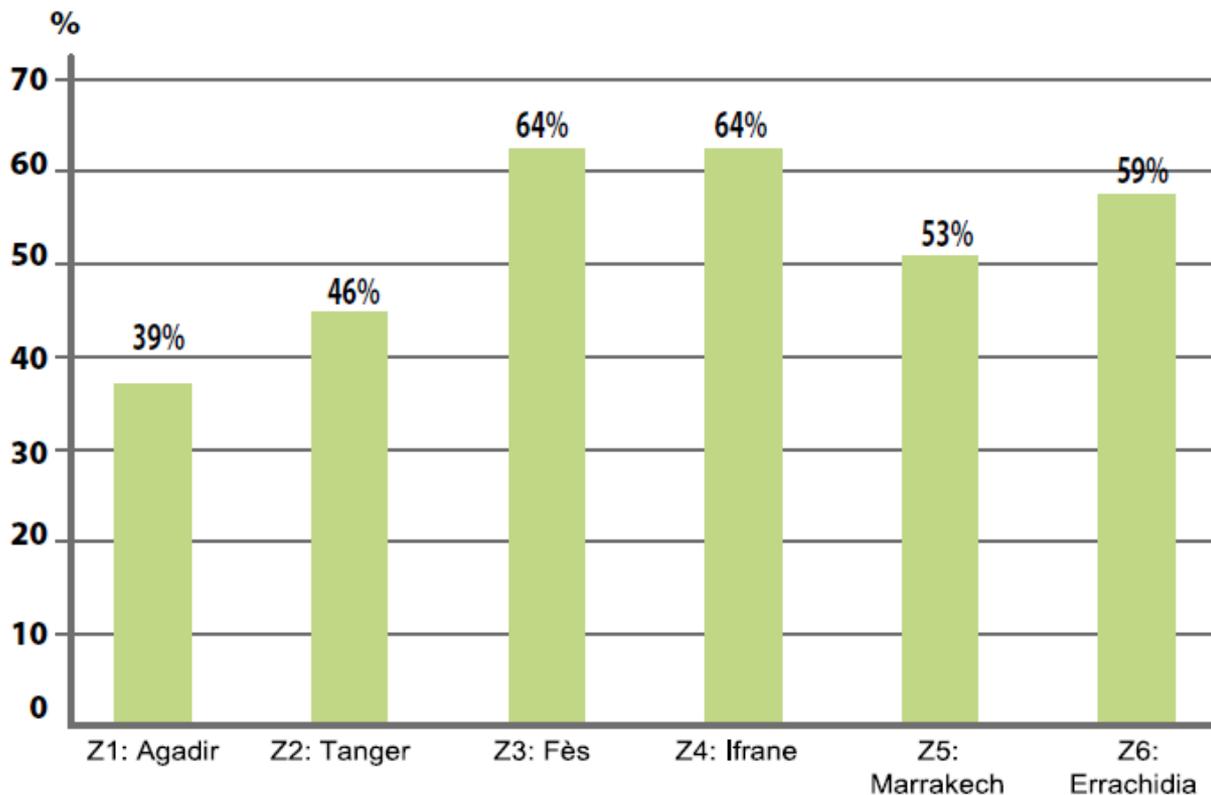
Coefficient de transmission thermique U et résistance thermique R en résidentiel

| | 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 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.

Impact sur les besoins thermiques en chauffage et climatisation

L'application du règlement thermique devrait permettre des gains de 39 % à 64 % selon les zones climatiques.



- En cas d'utilisation de chauffage et/ou climatisation, ces gains se traduiront par une **économie sur la consommation d'énergie finale.**

- En cas d'habitat passif, l'application du règlement thermique se traduira par **une amélioration du confort thermique.**

Surcoût d'investissement en cas de respect des spécifications techniques 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.

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.

Ainsi, pour la catégorie des logements économiques, ce surcoût représente un pourcentage particulièrement élevé du coût de construction.

L'entrée en vigueur de la réglementation thermique dans le bâtiment.

La réglementation thermique dans le bâtiment entre en vigueur un an après la publication au Bulletin officiel du Décret n° 2-13-874 du 15 octobre 2014, approuvant le règlement général de construction fixant les règles de performance énergétique des constructions (Article 7 du décret).

Le Décret a été publié au Bulletin officiel le 06-11-2014 (Bulletin officiel n° 6306).

Ainsi, la réglementation thermique dans le bâtiment entre en vigueur le 7 novembre 2015.



Le logiciel **BINAYATE Prescriptive** est un programme informatique développé pour justifier le respect des exigences du "Règlement Thermique de Construction au Maroc" en utilisant l'approche prescriptive.

Il peut être utilisé pour les bâtiments résidentiels ou tertiaires (enseignement, santé, tourisme et autres).³⁸

Dans le site :

<http://energetique.uae.ma>

On trouve des ressources sur le logiciel BINAYATE prescriptive :

- Lien pour télécharger BINAYATE Prescriptive
- Manuel d'utilisation de BINAYATE Prescriptive
- Ressource vidéo sur BINAYATE Prescriptive

