



Funded by the
European Union



Mitigation Enabling Energy Transition in the MEDiterranean region

CONCEPTION CLIMATIQUE DU BÂTIMENT – E1

ALMEE - LIBAN

Formation sur GRASSMED – meetMED II

WP3_A3.1.6
2024



Grandes Lignes

- ✓ Qu'est-ce que l'enveloppe du bâtiment et sa performance thermique ?
- ✓ Comment l'enveloppe du bâtiment affecte-t-elle les besoins en énergie de chauffage et de refroidissement ?
 - Climat
 - Façades de bâtiments
 - Orientation du bâtiment
 - Les fenêtres
 - Ventilation naturelle
 - Dispositifs de protection solaire et éclairage du jour
 - Isolation des murs et des toitures
- ✓ Évaluation des pertes et des gains de chaleur à travers les parois des bâtiments
- ✓ Contrôle des gains solaires des parois vitrées par les protections solaires
- ✓ Propriétés thermiques d'une enveloppe de bâtiment
- ✓ Pourquoi une enveloppe thermique est-elle importante ?
- ✓ Classifications d'une enveloppe de bâtiment
- ✓ Les avantages d'une enveloppe thermique
- ✓ Objectifs
- ✓ Méthodologie de mesure
- ✓ Comment se conformer à GRASSMED ?

Qu'est-ce que l'enveloppe du bâtiment et sa performance thermique ?

- L'enveloppe du bâtiment (ou le terme plus moderne, enceinte du bâtiment) est l'ensemble des éléments de l'enveloppe extérieure qui maintiennent un environnement intérieur sec, chauffé ou refroidi et facilitent le contrôle climatique.



La conception de l'enveloppe du bâtiment est un domaine spécialisé de la pratique de l'architecture et de l'ingénierie qui s'inspire de tous les domaines de la science du bâtiment et du contrôle de la température intérieure. C'est la barrière structurelle entre l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment. Il est responsable du maintien du contrôle climatique à l'intérieur d'un bâtiment. La climatisation fait référence au refroidissement et au chauffage d'un bâtiment. L'enveloppe du bâtiment protège également l'intérieur de l'humidité, du bruit et de la lumière. La structure de l'enveloppe du bâtiment comprend : le toit, les murs, les fondations, les portes et les fenêtres.

Qu'est-ce que l'enveloppe du bâtiment et sa performance thermique ?

- À l'ère des problèmes environnementaux croissants, les structures bâties sont considérées comme l'une des principales entités consommatrices d'énergie et responsables en fin de compte de la dégradation de l'environnement. Pour résoudre ce problème, il est important de s'attaquer à la demande énergétique des bâtiments, qui est principalement due aux conditions météorologiques extrêmes. Parce qu'elle est directement exposée à l'environnement extérieur, la façon dont l'enveloppe du bâtiment fait face aux intempéries joue un rôle majeur dans la détermination de la demande énergétique du bâtiment.

Ce chapitre traite de l'amélioration des performances thermiques de l'enveloppe du bâtiment en relation avec le climat, les indices et l'heure solaire locale de la région. Il se concentre également sur les nouvelles technologies de façades qui réduisent la demande énergétique du bâtiment grâce à une meilleure isolation. Pour atteindre cet objectif, une approche intégrée est nécessaire qui englobe les techniques, les technologies et l'innovation architecturale. Ces façades présentent également d'autres avantages que l'économie d'énergie. De nombreuses technologies sont également développées pour produire de l'énergie.

Comment l'enveloppe du bâtiment affecte-t-elle les besoins en énergie de chauffage et de refroidissement ?

- En hiver, l'enveloppe du bâtiment contribue à empêcher le transfert de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur. De même, durant les mois d'été, l'enveloppe garde l'air refroidi à l'intérieur et l'air chaud à l'extérieur.
- En raison de cet obstacle, l'enveloppe du bâtiment joue un rôle clé dans l'efficacité énergétique d'une structure. Garder l'air chauffé ou refroidi à l'intérieur (et leurs opposés respectifs à l'extérieur) signifie moins d'énergie utilisée et moins d'argent dépensé en chauffage et en refroidissement.
- Les technologies de l'enveloppe du bâtiment représentent environ 30 % de l'énergie primaire consommée dans les bâtiments résidentiels et commerciaux ; ces technologies affectent de nombreux facteurs liés à la consommation énergétique d'un bâtiment, notamment l'éclairage, la ventilation et l'énergie nécessaire pour chauffer et climatiser le bâtiment.

Comment l'enveloppe du bâtiment affecte-t-elle les besoins en énergie de chauffage et de refroidissement ?

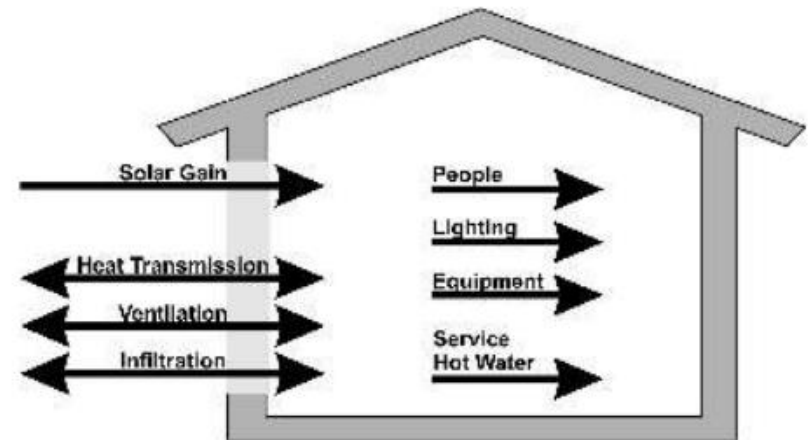
L'enveloppe d'un bâtiment est tout ce qui sépare l'intérieur du bâtiment de l'environnement extérieur, notamment le toit, les portes, les fenêtres, les sols et les murs. Une bonne isolation des murs, des fenêtres à haut rendement et des interstices suffisamment étanches augmentent l'efficacité de l'enveloppe.

L'amélioration des performances thermiques des bâtiments est une question d'actualité dans le domaine de la construction et de l'architecture. L'évaluation de la performance thermique du bâtiment peut être réalisée de différentes manières : pour décrire la performance thermique de l'enveloppe du bâtiment et de ses composants, nous utilisons une variété de mesures ; tels que la valeur R, l'ACH (taux de renouvellement d'air par heure), le SHGC (coefficient de gain de chaleur solaire) des fenêtres, le facteur U, etc.

Comment l'enveloppe du bâtiment affecte-t-elle les besoins en énergie de chauffage et de refroidissement ?

- Le transfert de chaleur de l'extérieur vers l'intérieur s'effectue à travers l'enveloppe du bâtiment et les quantités sont dérivées de certains principes de base.

Étant donné que l'enveloppe du bâtiment peut affecter de manière significative la quantité d'éclairage et de CVC requise – les deux plus grandes utilisations finales d'énergie dans les secteurs résidentiel et commercial, les améliorations apportées à l'enveloppe du bâtiment ont le potentiel de réduire les émissions de GES des bâtiments nouveaux et existants dans le secteur résidentiel. et des bâtiments commerciaux. En outre, les améliorations de l'enveloppe du bâtiment entraînent également divers avantages pour les occupants, notamment une réduction des factures d'énergie, ainsi qu'un confort thermique, un contrôle de l'humidité et un contrôle du bruit améliorés.



Climat

- Le climat jouant un rôle essentiel dans la performance énergétique des bâtiments, les stratégies de conception de façades hautes performances dans les régions chaudes et humides sont très différentes de celles des régions chaudes et arides.

Stratégies de conception pour les climats froids :

- Collecte d'énergie solaire et chauffage passif, collecte de chaleur solaire à travers l'enveloppe du bâtiment
- Lumière du jour L'utilisation de la lumière naturelle et de la surface vitrée des façades peut être augmentée. Du verre haute performance peut être utilisé. Des étagères lumineuses peuvent être utilisées pour laisser entrer la lumière dans les espaces intérieurs.
- Conservation de la chaleur grâce à une isolation améliorée, la chaleur peut être préservée dans le bâtiment.



Climat



Stratégies de conception pour les climats chauds :

- Contrôle solaire: La façade extérieure du bâtiment peut être protégée en utilisant des méthodes d'auto-ombrage (forme de bâtiment) ou en utilisant des dispositifs d'ombrage.
- Les gains de chaleur solaire externe par infiltration peuvent être réduits par l'utilisation d'éléments de façade opaques bien isolés. En outre, les gains de chaleur solaire par conduction peuvent être réduits par l'utilisation de dispositifs d'ombrage.
- Refroidissement: La ventilation naturelle peut être utilisée pour refroidir le bâtiment lorsque les caractéristiques environnementales et les fonctions du bâtiment le permettent.
- Lumière du jour grâce à l'utilisation de dispositifs d'ombrage et d'étagères d'éclairage ; la lumière naturelle peut être utilisée pour les espaces intérieurs avec un minimum de gains de chaleur solaire.

Climat

Stratégies de conception climatique mixte :

- Les façades extérieures peuvent être protégées du rayonnement solaire direct grâce à des dispositifs d'ombrage pendant les saisons chaudes.
- Collecte solaire et chauffage passif: L'énergie solaire peut être collectée pendant les saisons froides
- Lumière du jour: Utilisation de sources de lumière naturelle et façade vitrée accrue avec utilisation de dispositifs d'ombrage.



Façades de bâtiments

Les façades des bâtiments affectent les factures énergétiques des bâtiments et la santé des occupants plus que tout autre système. La chaleur se transmet dans les bâtiments par conduction, convection et rayonnement. Le transfert de chaleur par conduction dépend de la conductivité des matériaux utilisés dans les façades extérieures. Différents matériaux ont des conductivités différentes et offrent donc des résistances différentes à la chaleur. Les murs et les toits comprennent généralement plusieurs couches composées de différents matériaux, il est donc très important de connaître leur résistance thermique globale et leur coefficient de transfert thermique (Coefficient U).

Façades du bâtiment

- Le transfert de chaleur est la transition de l'énergie thermique d'un espace chauffé vers une zone plus froide. Il existe trois moyens de transfert de chaleur qui doivent être pris en compte lors de la planification visant à rendre un bâtiment économe en énergie :

Conduction – Transfert de chaleur à travers la matière d'une région à température plus élevée vers une région à température plus basse.

Convection – Transfert de chaleur se produisant en raison du mouvement de fluides et de gaz (par exemple, l'air se déplaçant dans une cavité murale).

Rayonnement – Rayonnement électromagnétique émis par la surface d'un objet (par exemple, rayonnement émis par une feuille d'aluminium).



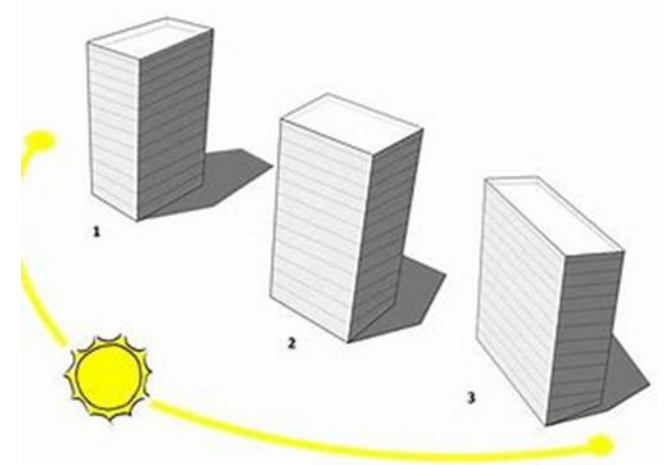
Orientation du bâtiment

L'orientation, la géométrie et la volumétrie du bâtiment doivent répondre à la position du soleil. L'orientation du bâtiment détermine son exposition au soleil. Le soleil se lève à l'est et se couche à l'ouest uniquement lors des équinoxes d'automne et de printemps. Pour le reste des 363 jours restants, il se lève et se couche différemment. Lorsque la Terre est inclinée, elle pousse le lever et le coucher du soleil légèrement au sud de l'est et de l'ouest en hiver et légèrement au nord de l'est et de l'ouest en été. Ce léger angle dépend de la période de l'année et de la distance de l'observateur à l'équateur. Par conséquent, une orientation optimale peut maximiser le gain de chaleur solaire en hiver et éviter le rayonnement solaire direct dans les espaces intérieurs en été. L'orientation du bâtiment doit être un élément essentiel de la conception de votre bâtiment. Vous pouvez bénéficier des avantages de la lumière naturelle et d'une ventilation maximale en toutes saisons et dans toutes les conditions climatiques. La bonne orientation du bâtiment garantit le confort au sein du bâtiment et peut vous faire économiser beaucoup sur vos factures d'énergie. L'orientation d'un bâtiment peut également protéger des effets négatifs des intempéries. L'orientation solaire et éolienne sont les deux principaux facteurs à prendre en compte lors de la construction d'un nouveau bâtiment.

Orientation du bâtiment

Température et rayonnement solaire

L'intensité du rayonnement solaire dépend de la direction des rayons du soleil. La température d'un bâtiment et la température intérieure augmentent ou diminuent en fonction du rayonnement solaire. Ce rayonnement agit de deux manières différentes : les rayons direct et indirect



Pour une occupation confortable d'un bâtiment, la meilleure orientation est celle qui bénéficie d'un ensoleillement maximum en hiver et d'un ensoleillement minimum en été.

Orientation du bâtiment

Température et rayonnement solaire

La chaleur solaire réfléchiée par le sol peut être minimisée en mettant de la pelouse par exemple devant la façade sud. Les façades ouest et est reçoivent la même quantité de lumière. Mais lorsque le soleil brille sur le côté ouest du bâtiment dans l'après-midi, la température est plus élevée, il faut donc faire des ouvertures sur la façade ouest pour plus de ventilation afin de réduire la chaleur.

Orientation du Bâtiment

Direction du vent

La direction et la vitesse du vent doivent être étudiées sur votre site pendant toute l'année. Le bâtiment doit être orienté de manière à ce que le vent souffle davantage dans le bâtiment pendant la saison humide que pendant les autres saisons. Les vents dominants à votre emplacement peuvent créer une ventilation naturelle, en particulier dans des conditions très humides. Les fenêtres et les portes doivent être situées aux endroits appropriés pour offrir un avantage maximal dû au vent.



Orientation du Bâtiment

Pluies et nuages

Les pluies et les nuages ont moins d'importance lors de la planification de l'orientation du bâtiment. Les ouvertures et les vitrages doivent être planifiés en fonction de la direction de la pluie, car la direction de la pluie est la même que celle du vent en cas d'orage. Si votre architecte conçoit le vitrage de votre bâtiment, vous devez le recouvrir d'un pare-soleil. Les murs exposés aux pluies doivent avoir des épaisseurs conséquentes.



Orientation du Bâtiment

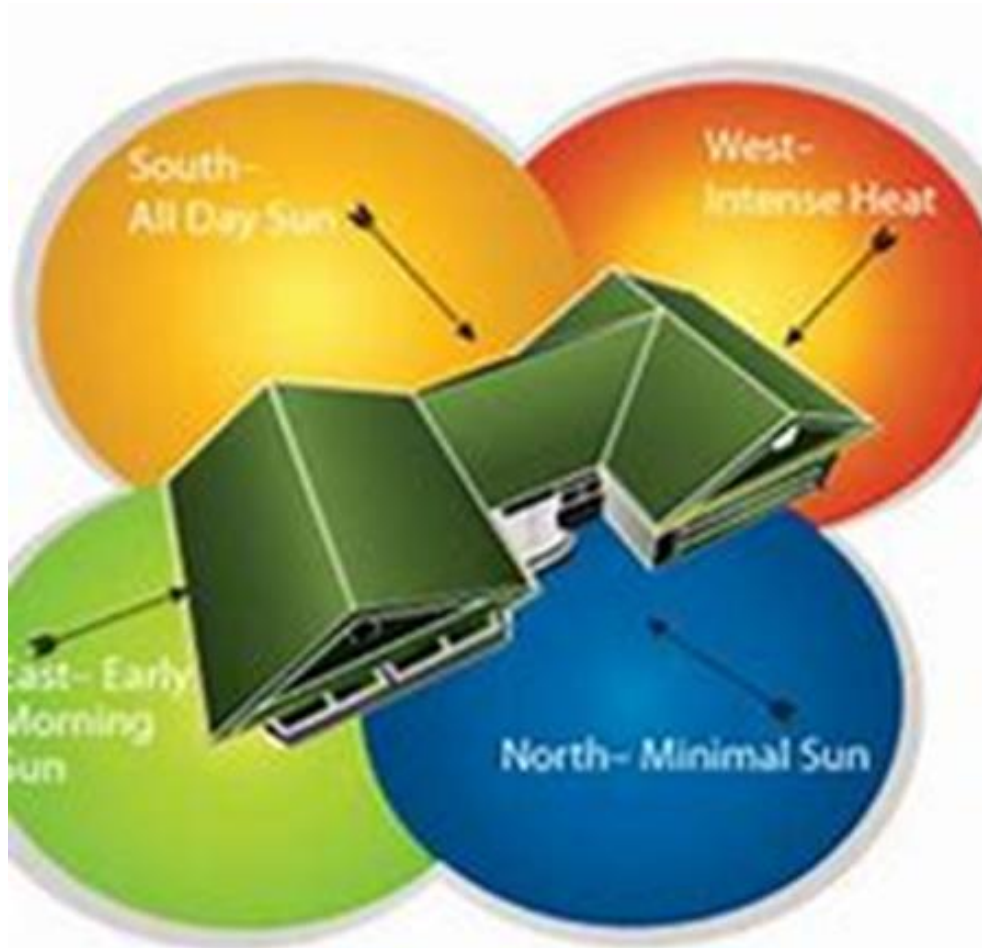
Humidité

L'humidité n'affecte pas directement l'orientation d'un bâtiment, mais une planification appropriée en fonction de l'orientation du vent, qui ventilerait naturellement votre maison, vous soulagera de la chaleur humide, même lorsqu'il y a peu de brise naturelle.



Orientation du bâtiment

Bénéfices



Le principal avantage de l'orientation des bâtiments réside dans l'économie d'énergie. Il réduit les coûts de chauffage, d'éclairage et de climatisation du bâtiment en gérant efficacement la lumière naturelle, les vents et le soleil afin que les occupants puissent profiter de la chaleur du soleil en hiver et des brises fraîches en été.

Les fenêtres



Les fenêtres constituent le principal point d'entrée des fuites d'air et sont souvent négligées en raison de leur capacité à agir comme barrière dans l'enveloppe d'un bâtiment. Les fenêtres à triple vitrage sont fréquemment utilisées dans les climats plus froids pour empêcher le vent ou la neige de pénétrer dans la maison. Les fenêtres à double vitrage sont considérées comme tout aussi efficaces dans les climats à températures plus modérées.

Ventilation Naturelle

Une Ventilation naturelle pour une meilleure qualité de l'air et des charges de refroidissement réduites (voir EDE4A).



Dispositifs de protection solaire et éclairage du jour



Fourniture de dispositifs de protection solaire pour contrôler les charges de refroidissement et améliorer le confort thermique (voir EDE3).

Isolation des murs et des toitures

Optimisation de l'isolation des murs extérieurs et du toit afin de minimiser la consommation d'énergie pour l'éclairage artificiel, la climatisation et le chauffage. Les matériaux isolants se caractérisent par le type de matériau dont ils sont fabriqués et la manière dont ils s'adaptent aux diverses applications et besoins du bâtiment (voir E2).



Propriétés thermiques d'une enveloppe de bâtiment

Les propriétés thermiques d'un matériau de construction sont accessibles principalement en déterminant la conductivité thermique de ses composants qui correspond directement à la capacité d'un matériau à laisser passer efficacement la chaleur à travers lui. Les matériaux ayant une valeur de conductivité thermique élevée favoriseront le transfert de chaleur et permettront à la chaleur de les traverser rapidement. Idéalement, l'enveloppe d'un bâtiment devrait être principalement composée de matériaux ayant des valeurs de conductivité thermique extrêmement faibles et incorporer des matériaux supplémentaires qui agissent strictement comme des isolants thermiques qui bloquent davantage le mouvement de la chaleur de l'intérieur d'une structure vers l'extérieur et vice versa. Les concepteurs de bâtiments sont invités à sélectionner la bonne combinaison de matériaux pour réguler naturellement le mouvement de la chaleur sans avoir recours à des systèmes mécaniques coûteux de chauffage et de refroidissement. Tous les composants qu'ils sélectionnent interagiront comme une unité pour remplir quatre fonctions cruciales : support structurel, gestion de l'humidité, régulation de la température et régulation du débit d'air. Ces trois derniers ont l'influence la plus prononcée pour garantir qu'une maison est économe en énergie, confortable et durable.

Pourquoi une enveloppe thermique est-elle importante ?

Comme d'autres secteurs, le monde de la construction et du CVC a sa terminologie pour désigner des concepts que les initiés comprennent, mais pas le grand public. Une enveloppe thermique est l'un de ces termes. En termes simples, chaque maison possède une enveloppe thermique. C'est la structure qui sépare l'air intérieur de votre maison de l'air extérieur. Cela inclut des éléments tels que : les fenêtres, les planchers, les murs extérieurs, les portes extérieures, l'isolation, les pare-air/vapeur, les coupe-froid et le calfeutrage. Une enveloppe thermique remplit trois fonctions distinctes :

Contrôle de l'air – La gestion du mouvement de l'air dans vos espaces de vie est importante pour gérer la consommation d'énergie, empêcher l'accumulation de condensation, garantir une qualité de l'air optimale et rendre l'espace confortable. Ce contrôle de l'air comprend à la fois les mouvements à travers l'enceinte de la maison et la couche de contrôle du flux de chaleur. Une maison avec des courants d'air, par exemple, a un mauvais contrôle de l'air.

Contrôle de l'humidité – L'humidité peut menacer l'intégrité de la structure et faire des ravages à l'intérieur en raison de la moisissure et d'autres problèmes. Si rien n'est fait, cela peut endommager les fondations de la maison. En tant que telle, la capacité d'une enveloppe à contrôler et minimiser l'humidité est l'une de ses tâches les plus critiques, en particulier dans les climats chauds et humides ou dans ceux qui connaissent des hivers enneigés.

Contrôle thermique – Comme son nom l'indique, une enveloppe thermique permet d'atteindre plus facilement puis de maintenir votre température idéale quelle que soit la période de l'année. Si vous avez trop chaud en été ou trop froid en hiver, il est peut-être temps de chercher des moyens d'augmenter l'efficacité de l'enveloppe de votre bâtiment.

Classifications d'une enveloppe de bâtiment

Une enveloppe de bâtiment sera souvent classée comme étant « étanche » ou « lâche » en fonction de sa performance. Les enveloppes de bâtiment lâches permettent plus de transfert d'air non régulé, ce qui peut améliorer la qualité de l'air intérieur et supprimer le besoin d'une ventilation mécanique supplémentaire. Bien qu'une enveloppe de bâtiment lâche puisse créer une atmosphère rafraîchissante, elle a également tendance à rendre une structure plus brouillonne et plus inconfortable en termes de capacité à maintenir une température intérieure uniforme. L'augmentation du débit d'air est directement corrélée à une augmentation des émissions de gaz à effet de serre nocifs en raison de la consommation d'énergie supplémentaire requise par les systèmes mécaniques. En termes de chauffage et de climatisation d'un bâtiment, une enveloppe de bâtiment avec des courants d'air peut entraîner une augmentation massive des factures d'énergie pour un propriétaire. Une enveloppe plus économe en énergie adoptera une conception étroite qui permettra un degré plus élevé de contrôle sur la qualité de l'air intérieur, la température, les niveaux d'humidité et la consommation d'énergie.

Airtightness, Build Tight, Ventilate Right



Une conception étanche de l'enveloppe du bâtiment met davantage l'accent sur l'importance de sélectionner des matériaux thermiquement favorables tels que l'isolation, le calfeutrage, le ruban adhésif et les produits d'étanchéité. Il est difficile de se tromper avec des matériaux d'étanchéité supplémentaires, car ils réduiront le risque d'invasion d'eau pouvant entraîner de la moisissure en raison de la présence d'humidité supplémentaire, et cela limitera le flux d'air non régulé et la perte de chaleur.

Les avantages d'une enveloppe thermique

S'assurer que le bâtiment dispose d'une enveloppe thermique hermétique est important pour plusieurs raisons, notamment :

Transfert de chaleur et de froid – La raison la plus évidente pour laquelle il est préférable d'avoir une enveloppe thermique correctement installée dans le bâtiment est de garantir que la température du bâtiment reste là où vous le souhaitez. Si vous faites fonctionner la climatisation, le bâtiment se refroidira rapidement et restera frais. Si vous faites fonctionner le chauffage, le bâtiment chauffera et restera chaud.

Éco-efficacité – Les processus de chauffage et de refroidissement peuvent consommer une quantité importante d'énergie. Lorsqu'il y a des brèches dans l'enveloppe ou des ponts thermiques, il est beaucoup trop facile pour l'air de s'échapper ou d'entrer.

Argent économisé – Plus le bâtiment est économe en énergie, moins l'occupant/propriétaire devra dépenser pour le chauffer ou le climatiser. Ils peuvent réduire leur facture d'électricité moyennant un petit investissement initial et réduire considérablement leur facture de services publics à vie.

Qualité de l'air intérieur – Lorsqu'un bâtiment est étanche à l'air, il devient beaucoup plus difficile pour les allergènes et la pollution de pénétrer dans votre maison.

Objectifs

L'objectif de cette mesure est d'améliorer la performance thermique de l'enveloppe du bâtiment pour les bâtiments résidentiels et commerciaux, ce qui améliorera le confort thermique à l'intérieur du bâtiment, entraînant une réduction des besoins énergétiques pour le chauffage et la climatisation des locaux.

Crédit gagné : Avec GRASSMED, la performance thermique est évaluée en fonction de :

E1-1 : Valeur U de la transmission thermique de l'enveloppe – U Enveloppe

E1-2 : Transmission Thermique de la façade du Bâtiment – U-Façade

E1-3 : Rapport fenêtre/mur WWR-eq

E1-4 : Dalle au sol Résistance Thermique

Évaluation des pertes et des gains de chaleur à travers les parois des bâtiments

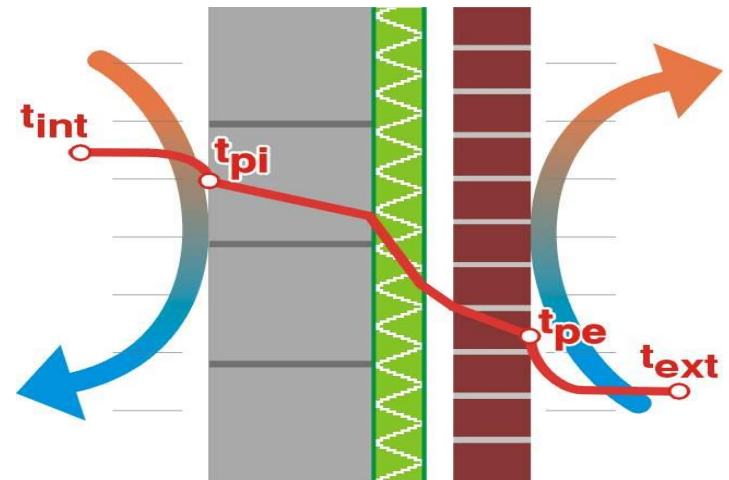
Déperditions par les parois opaques

Lorsque deux faces **d'une paroi** sont soumises à des différences de température, il naît un flux de chaleur q qui tend à l'équilibre des températures. Ce flux de chaleur dépend de la différence entre les températures et du pouvoir isolant de la paroi :

$$q = U (T_{int} - T_{ext}).\text{pour } 1\text{m}^2 \quad (q \text{ en } W)$$

Le coefficient U ($W/m^2.K$) mesure le pouvoir isolant d'une paroi en tenant compte des différents matériaux ou couches d'air qui la composent, de leurs épaisseurs (e), et des conditions d'exposition aux ambiances intérieure et extérieure.

Calcul des pertes par transmission pour une paroi de surface S , composée de plusieurs matériaux.



$$q = U \times S \times \Delta T = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{e}{\lambda} + Ra + \frac{1}{h_e}} \times S \times \Delta T$$

$$q = U \times \Delta T = \frac{1}{Rt} \times \Delta T$$

$$Rt = Ri + \sum \frac{e}{\lambda} + \sum Ra + Re$$

Ri = la résistance d'échange surfacique de la paroi vis-à-vis de l'intérieur ;

e = l'épaisseur, en mètre, de chaque matériau

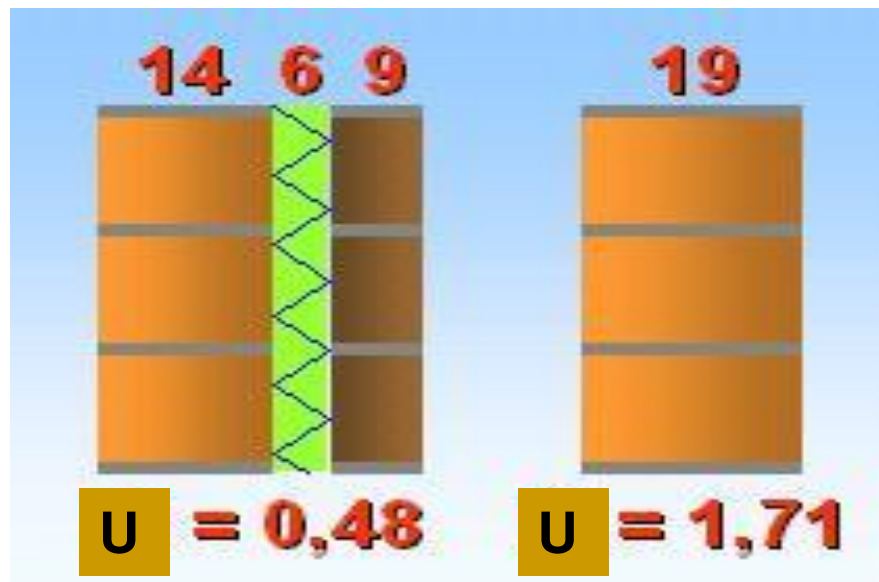
λ = la conductivité thermique de ces mêmes matériaux (en W/m.K)

Ra = les résistances au flux de chaleur dues à la présence éventuelle de couches d'air (0,19.....0,26 m²°K/W)

Re = les échanges par convection (effet du vent) et rayonnement (voûte céleste, corps froids) vis-à-vis de l'extérieur.

Déperditions par les parois opaques

Le coefficient U (ou K) en $W/m^2.K$ est surtout déterminé par la présence, la nature et l'épaisseur des matériaux isolants.



Déperditions par les parois opaques

Résistance thermique de la lame d'air

Épaisseur en (cm)	1	2	3	4	5	6 et plus
Résistance Thermique R en m ² .K/W	0,19	0,20	0,22	0,24	0,25	0,26

Déperditions par les parois vitrées

Les vitrages = les points faibles de l'isolation thermique du bâtiment, mais leurs performances ne cessent de s'améliorer.

Plus le vitrage utilisé est isolant (coefficient U faible), plus les déperditions thermiques sont réduites en hiver et plus le vitrage est chaud en face intérieure.



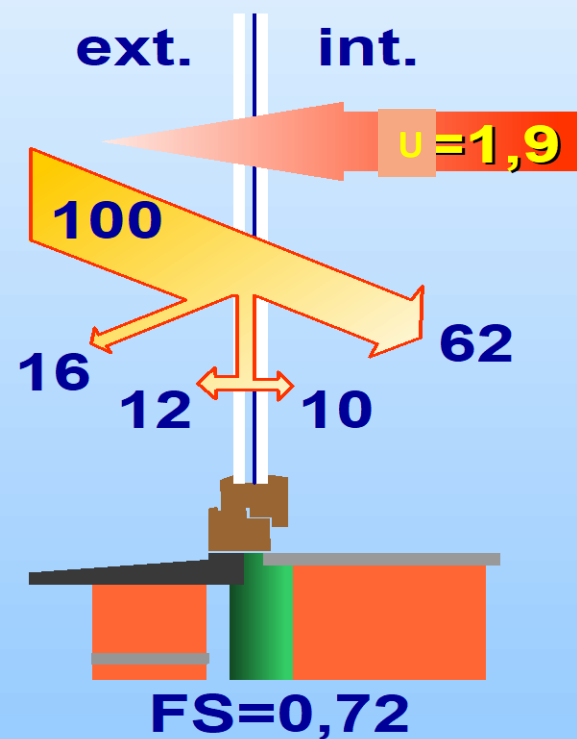
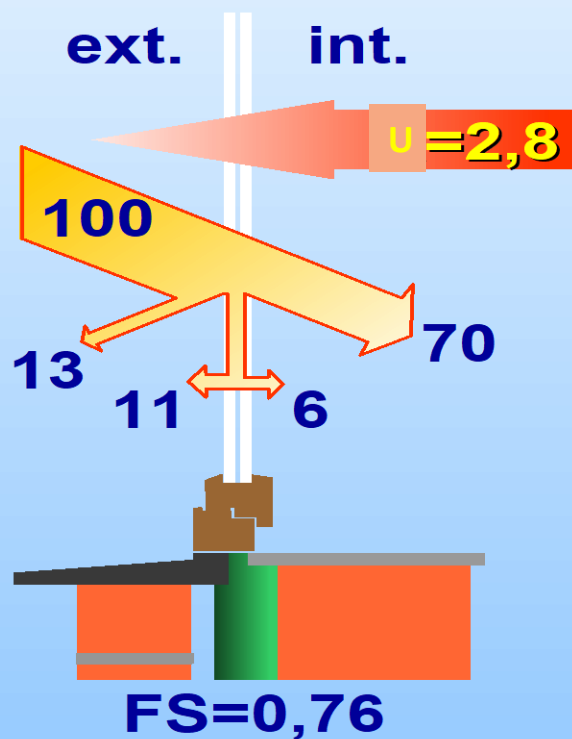
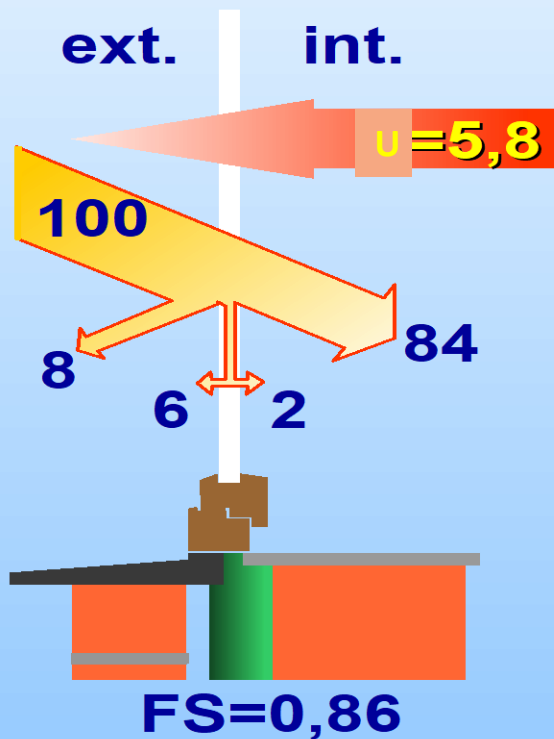
la température de la surface intérieure des vitrages doit être plus chaude en hiver et moins élevée en été pour assurer le confort de l'occupant

Coefficient U (W/m²°K)

simple vitrage
clair

double vitrage
clair

double vitrage
basse émissivité



Les pertes thermiques par ventilation

L'air extérieur s'introduit dans le bâtiment

- par **ventilation** (effet volontaire)
- par **infiltration** (effet involontaire).

La **ventilation** assure le renouvellement sanitaire (apport d'air frais, évacuation des odeurs, etc.) nécessaire à la bonne santé de l'occupant.

Elle peut être assurée

- soit naturellement via des orifices d'amenée d'air frais et de rejet d'air vicié,
- soit mécaniquement, par des bouches de pulsion et d'extraction.

Les pertes thermiques par ventilation

Les déperditions thermiques par ventilation sont donc proportionnelles :

- au volume V d'air réchauffé ou rafraîchi,
- au taux de renouvellement d'air n (nombre de fois que le volume d'air est renouvelé par de l'air frais par heure, mesuré en h^{-1}), et
- à la chaleur volumique de l'air (chaleur nécessaire pour réchauffer 1 m^3 d'air de 1 Kelvin, soit $0,34 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K}$).

$$Q_v = 0.34 \times n \times V \times (T_{int} - T_{ext}) \quad (\text{en Wh})$$

Évaluation des pertes et des gains

Les gains solaires

Le rayonnement solaire reçu par un bâtiment dépend

- du climat et de ses variations journalières et saison.
- de l'orientation du bâtiment
- de la nature de ses surfaces et de ses matériaux
- de la topographie du lieu
- de l'ombrage, etc

Le soleil peut contribuer au chauffage des bâtiments en hiver,

- par effet de serre au droit des parois vitrées
- par réchauffement des parois opaques

Les gains solaires

Capter par les parois opaques.

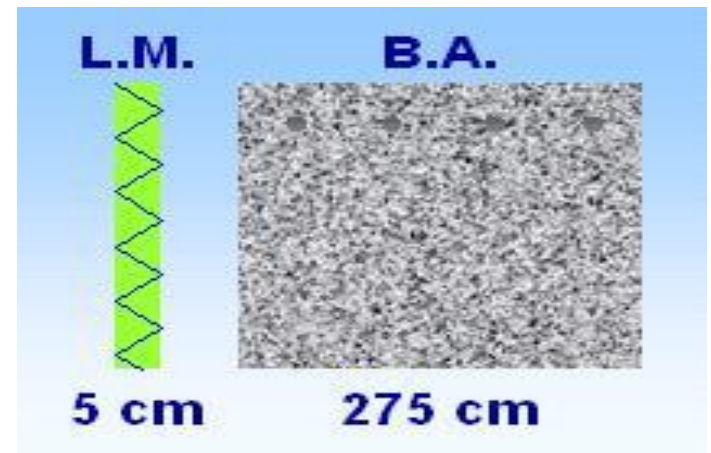
Coefficient d'absorption solaire.

Une valeur approchée peut être déterminée en fonction de la couleur (surfaces lisses, unies).

Blanc	0,25 à 0,40
Gris au gris foncé	0,40 à 0,50
Vert, rouge et brun	0,50 à 0,70
Brun au bleu foncé	0,70 à 0,80
Bleu foncé au noir	0,80 à 0,90

Déperditions par les parois opaques

La figure compare l'épaisseur nécessaire pour qu'une paroi en béton armé (2,2 W/m.K) présente les mêmes caractéristiques qu'une paroi idéale en laine minérale (0,04 W/m.K) de 5 cm d'épaisseur.

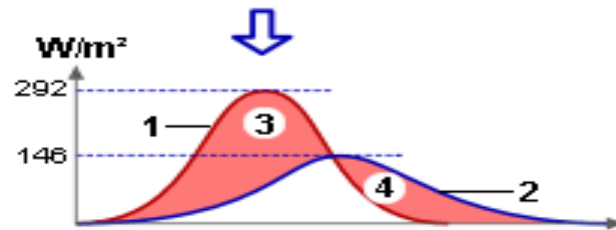
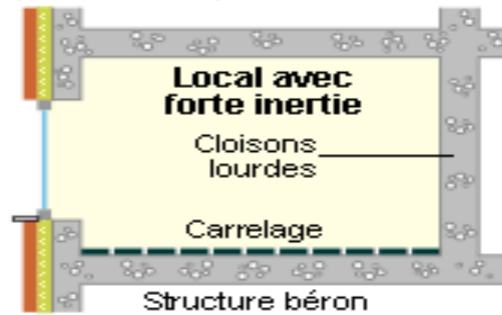


Inertie thermique

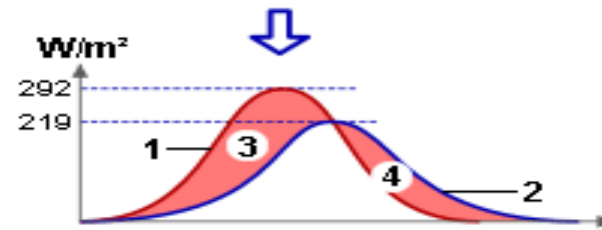
- Propriété de la masse d'un bâtiment qui lui permet d'emmagasiner de la chaleur, assurant ainsi une « inertie » face aux variations de température.
- Bâtiments thermiquement légers : les conditions intérieures du bâtiment réagissent rapidement aux intempéries. Les exemples incluent : les maisons typiques, les centres commerciaux et les immeubles de bureaux commerciaux.
- Bâtiments thermiquement lourds : les conditions intérieures réagissent lentement aux intempéries. Exemples : bâtiments dotés de murs en béton épais ou capables d'absorber et de stocker l'énergie thermique.

Intérêt de l'inertie thermique

Murs lourds
(isolés par l'extérieur)



Murs légers
(isolés par l'intérieur)



- 1 : apports instantanés
- 2 : charge réelle retardée
- 3 : chaleur emmagasinée
- 4 : chaleur restituée

Fenêtres

- **Distinction selon les vitrages**
 - Simple vitrage : très mauvaise qualité isolante
 - Double vitrage : bonne qualité isolante (standard)
 - Triple vitrage : très bonne qualité énergétique (conformément au standard technique actuel)
 - Vitrages spéciaux divers (isolation phonique, solaire et pare-feu)

Contrôle des gains solaires des parois vitrées par les protections solaires

Les gains solaires

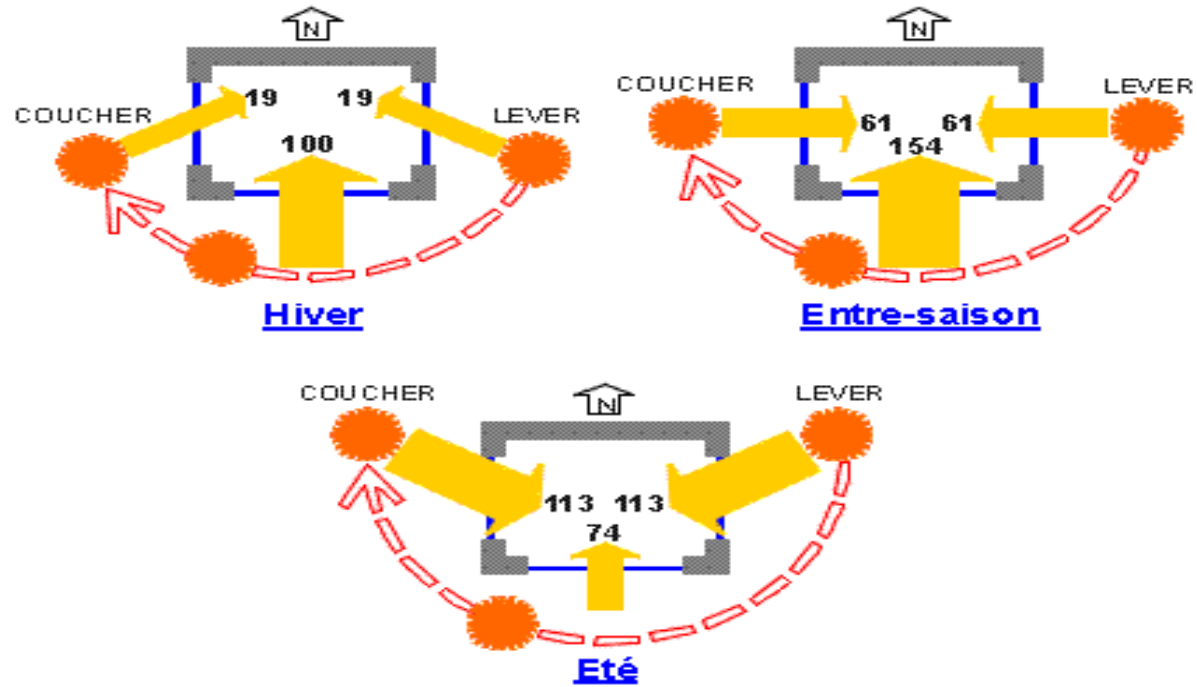
Le rayonnement solaire reçu par un bâtiment dépend :

- du climat et de ses variations journalières et saison.
- de l'orientation du bâtiment
- de la nature de ses surfaces et de ses matériaux
- de la topographie du lieu
- de l'ombrage, etc

Le soleil peut contribuer au chauffage des bâtiments en hiver,

- par effet de serre au droit des parois vitrées
- par réchauffement des parois opaques

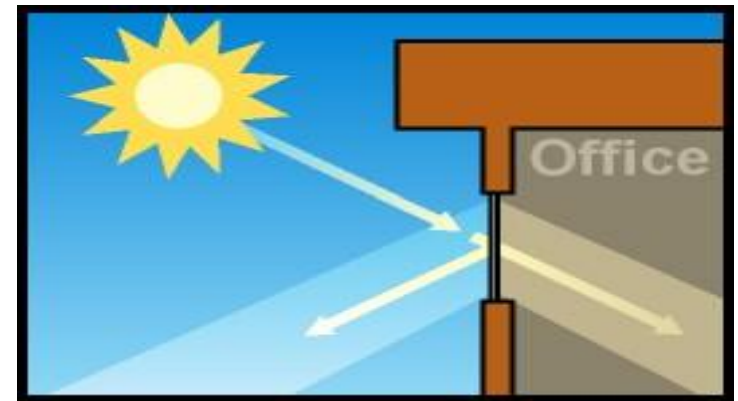
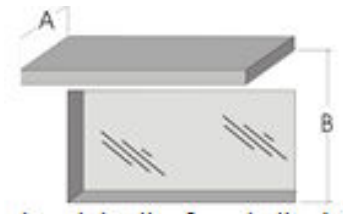
Rayonnement solaire traversant un double vitrage
par ciel serein (pourcentage)

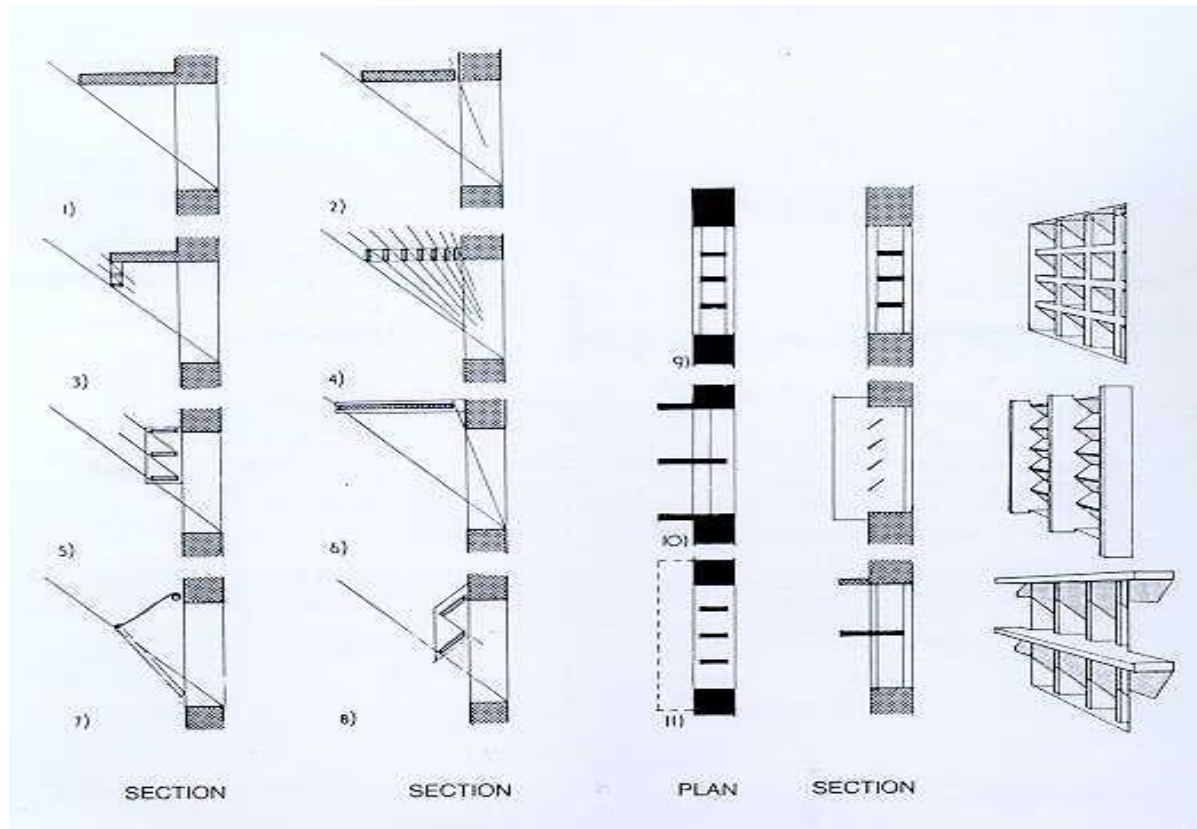


Coefficient de gain de chaleur solaire SHGC

- L'efficacité du vitrage à rejeter les apports thermiques solaires
- Fait partie d'un système d'évaluation des performances de la fenêtre
- Remplacement progressif du coefficient d'ombrage (SC) dans la documentation sur les produits et les normes de conception
- Facteur de projection

$$FP = A/B$$





Méthodologie d'évaluation

- L'exigence de transmission thermique concerne les composants suivants de l'enveloppe du bâtiment : toits, murs, fenêtres et puits de lumière, planchers (exposés et semi-exposés) et dalles au sol.
- L'exposition maximale au gain solaire est démontrée à l'aide du rapport équivalent fenêtre/mur WWR-eq qui prend en considération plusieurs facteurs qui affectent le gain solaire. Ces facteurs comprennent la taille des fenêtres, les puits de lumière, l'orientation, le coefficient de gain de chaleur solaire et le facteur d'ombrage architectural.
- Les normes thermiques des bâtiments – (TSBL) 2010 au Liban et les normes existantes dans les différents pays ciblés du Sud-méditerranéen – servent de référence de base pour ce crédit.
- Comme mentionné ci-dessus, U-Env, U-FACADE et WWR eq doivent être inférieurs aux valeurs de référence. Chacune de ces valeurs est évaluée séparément en calculant son propre facteur de réduction RF.

GUIDELINES

GRASS Guidelines



GUIDELINES

Residential Building

Version 1.0
March 2017



Certification Process

Application



Pre-Assessment



Actual Assessment &
Verification



GUIDELINES

Non-Residential Building

Version 1.0
March 2017



GUIDELINES



Envelope

Thermal Performance of
Building Envelope

Eco-Construction

Eco-Roofs

GRASS Guidelines

Part 1 – Envelope

E 1 Thermal Performance of Building Envelope (TSBC)

E 1-1 Thermal Transmittance U_{ENV}

E 1-2 Thermal Transmittance $U_{FAÇADE}$

E 1-3 Window to Wall Ratio WWR_{EQ}

E 1-4 Slab on the ground Thermal Resistance

E 2 Eco-Construction

E 2-1 Material Category

E 2-2 Eco-Friendly Insulation Percentage

E 2-3 Mandatory Insulation

E2-3-1 Hot Water Pipes

E2-3-2 Refrigerants' Pipes

E2-3-3 Ducts

GUIDELINES



Envelope

Thermal Performance of
Building Envelope

Eco-Construction

Eco-Roofs

GRASS Guidelines

E 3 Eco Roofs (Green Roofs/Cool Roofs)

E 3-1 Vegetated Roofs (Above 50%)

E 3-2 Non-Vegetated Roofs (Less than 50%)

E 3-2-1 Initial of Solar Reflectance (ISR)

E 3-2-2 Maintenance of Solar Reflectance (MSR)

E 3-2-3 Thermal Emittance (TE)

E 3-2-4 SRI Alternative (Case TE not achieved)

E 3-2-4-1 Initial SRI

E 3-2-4-2 Maintenance of SRI

E 3-3 Primary Scoring Points (PSP)

E 3-3-1 Vegetated Roofs

E 3-3-2 Non-Vegetated Roofs

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

Figure 4
Carte du zonage climatique du Maroc

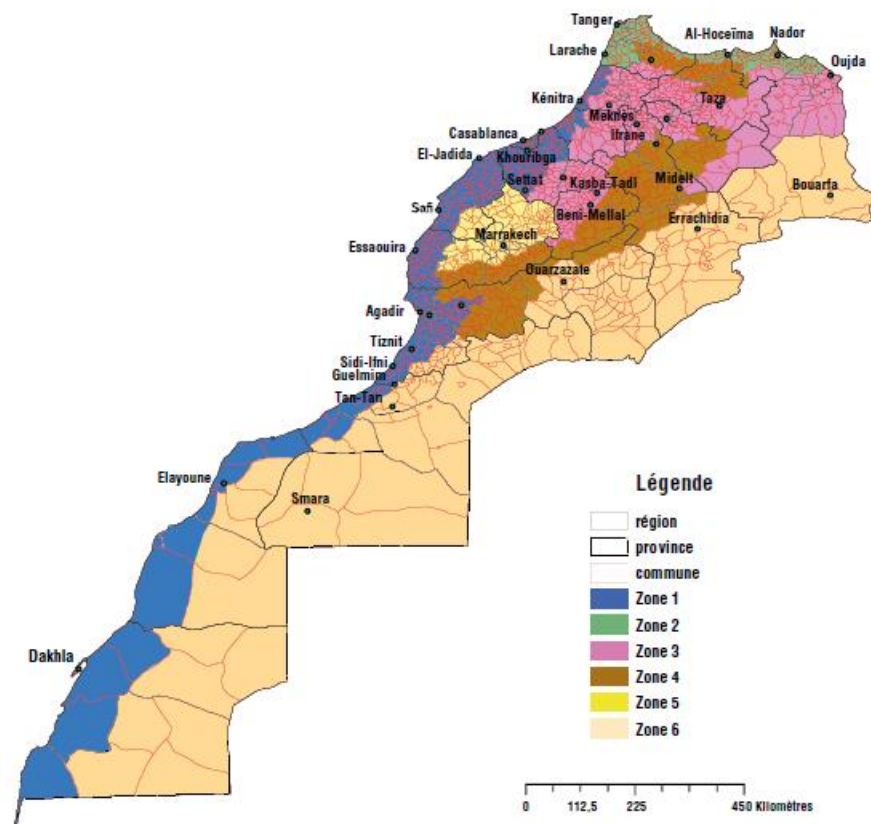
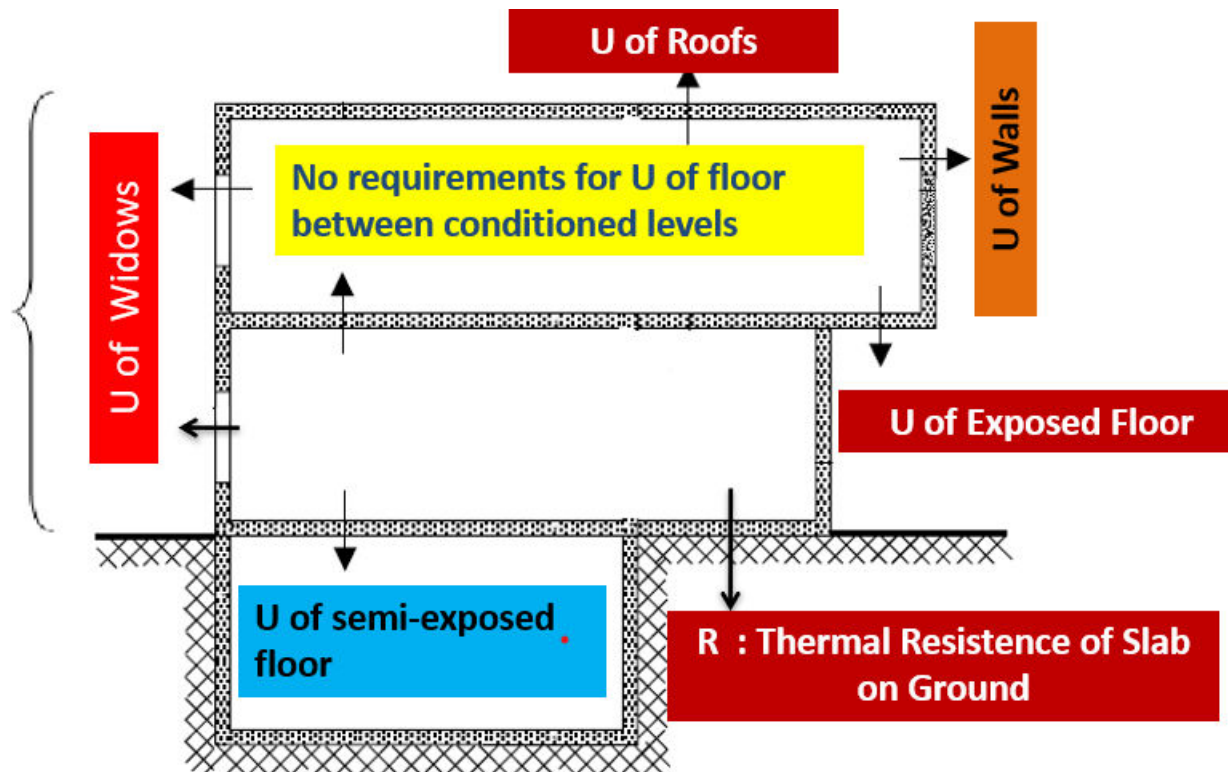


Tableau 4.
Exigences limites réglementaires des caractéristiques thermiques de l'enveloppe des bâtiments résidentiels

	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

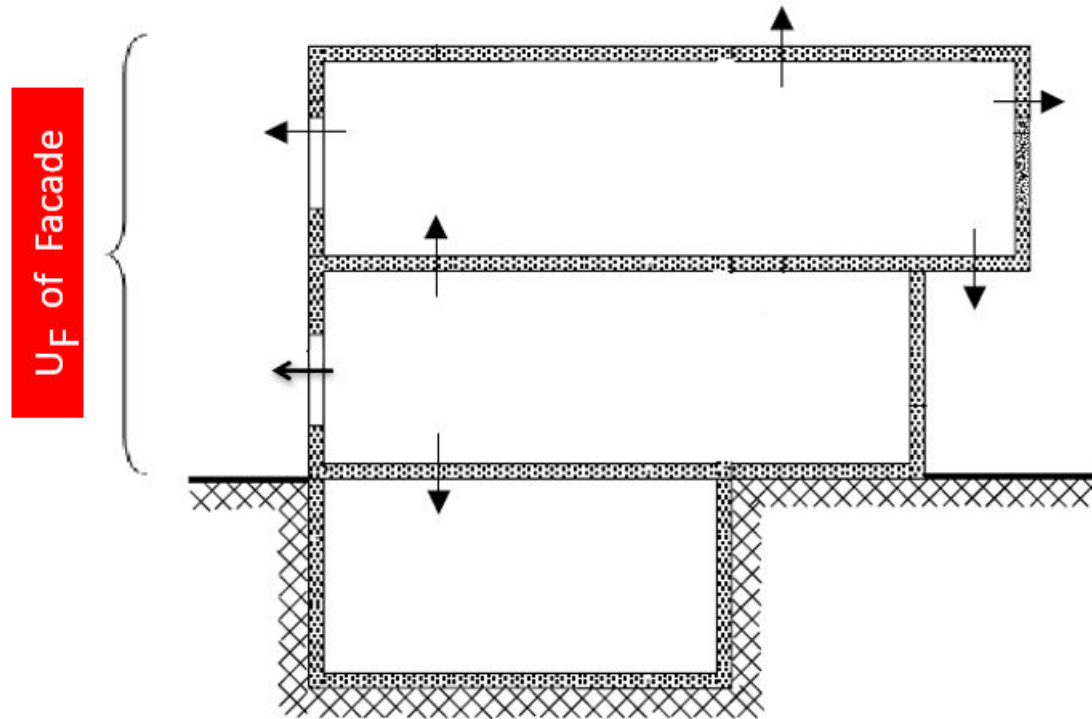
Requirements of Thermal Standard Maximum Thermal transmittance (U- value) by component



Reference Thermal Transmittance Values per Component U-ref (W/m².K) vs. climatic zone

Climatic Zone	Building category	U-value Roof	U-value Wall	U-value Window & Skylight	U-value Ground Floor	
					Exposed*	Semi-exposed**
1 Coastal	1 Residential	0.71	1.60	5.80	1.70	2.00
	2 N Residential	0.71	1.26	5.80	1.70	2.00
2 Mid Mountain	1 Residential	0.63	0,77	4.00	0.77	1.20
	2 N Residential	0.55	0,65	3.30	0.70	1.20
3 Inland Plateau	1 Residential	0.63	0,77	4.00	0.77	1.20
	2 N Residential	0.55	0,65	3.30	0.70	1.20
4 High Mountain	1 Residential	0.55	0.57	3.30	0.66	1.00
	2 N Residential	0.55	0.57	2.60	0.66	1.00

Requirements of Thermal Standard Reference U- value of facade



Reference U-value of façade of buildings vs. climatic zone U_{Fref}

Climatic Zone	Building Category	U_{Fref} ($W/m^2.K$)
1 Coastal Zone	1 Res.	2.5
	2 N Res.	2.2
2 Western mid mountain	1 Res.	1.5
	2 N Res.	1.3
3 Inland Plateau	1 Res.	1.5
	2 N Res.	1.3
4 High Mountain	1 Res.	1.2
	2 N Res.	1.0

GUIDELINES

GRASS Guidelines

<div style="background-color: #0070C0; color: white; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 10px auto;">1</div> <div style="background-color: #FFD700; padding: 5px; margin: 5px auto;">E1</div> <div style="background-color: #A9C9D9; padding: 5px; margin: 5px auto;">Intent</div>	Criteria	$U_{ENV} \leq U_{ENV-REF}$	Reduction Factor RF	Scoring Points	150
	Thermal Transmittance of the Envelope	<p>The Thermal Transmittance Value of the Envelope should be smaller or equal to the Reference Thermal Transmittance Value.</p> <p>The Reduction Factor is evaluated using the formula:</p> $RF_{ENV} = \frac{U_{ENV-REF} - U_{ENV}}{U_{ENV-REF}} \times 100$	From 0 to 7%	7	
			7.1% to 15%	18	
			15.1% to 30%	30	
			30.1% to 50%	40	
			$\geq 50.1\%$	50	
	Criteria	$U_{FAC} \leq U_{FAC-REF}$	Reduction Factor RF	Scoring Points	
	Thermal Transmittance of the Facade	<p>The Thermal Transmittance Value of the Facade should be smaller or equal to the Reference Thermal Transmittance Value.</p> <p>The reduction Factor is evaluated using the formula:</p> $RF_{FAC} = \frac{U_{FAC-REF} - U_{FAC}}{U_{FAC-REF}} \times 100$	From 0 to 7%	7	
			7.1% to 15%	18	
			15.1% to 30%	30	
			30.1% to 50%	40	
			$\geq 50.1\%$	50	
	Criteria	$WWR_{EQ} \leq WWR_{EQ-REF}$	Reduction Factor RF	Scoring Points	
	Window to Wall Ratio	<p>The equivalent Window to Wall Ratio of the building should be smaller or equal to the Reference Window to Wall Ratio.</p> <p>The reduction Factor is evaluated using the formula:</p> $RF_{WWR_{EQ}} = \frac{WWR_{EQ-REF} - WWR_{EQ}}{WWR_{EQ-REF}} \times 100$	From 0 to 7%	7	
			7.1% to 15%	18	
15.1% to 30%			30		
30.1% to 50%			40		
$\geq 50.1\%$			50		
Criteria	Slab on Ground Thermal Resistance \geq Requirements in TSBL	Prerequisite			

S

in energy

Méthodologie d'évaluation

$$RFx = (Y_{ref} - Y) * 100 / Y_{ref}$$

Where x = Envelope, Façade, or Window to Wall Ratio,

$$Y_{ref} = U_{env\ ref} U_{Fac\ ref} WWR_{eq\ ref}$$

$$Y = U_{env} U_{Fac} \text{ or } WWR_{eq}$$

Méthodologie d'évaluation

- Concernant la résistance thermique minimale des dalles, les dalles au sol sont à isoler sous le périmètre extérieur avec une largeur spécifiée d'isolation thermique ayant la résistance thermique requise (valeur R) comme précisé dans le tableau ci-dessous pour le cas libanais à titre d'exemple (prérequis) . Cette exigence est limitée aux dalles au sol constituant les planchers des espaces conditionnés uniquement.

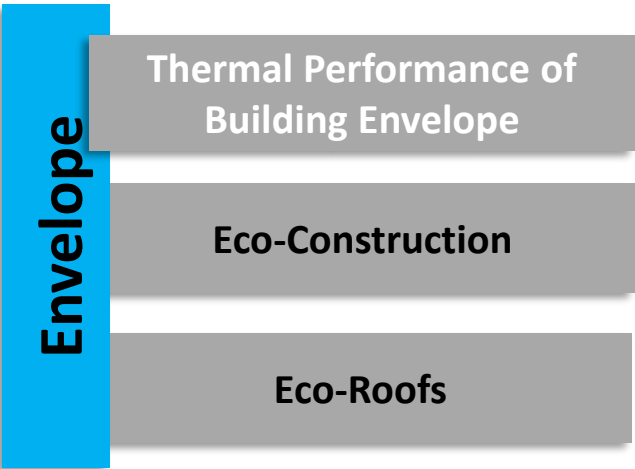
Climate Zone	Building Category	Minimum Thermal Resistance, R (m ² .K/W)	Insulation Width (m)
1	Residential and Commercial	NR	NR
2	Residential and Commercial	0.75	1.00
3	Residential and Commercial	1.00	1.25
4	Residential and Commercial	1.25	1.50

Méthodologie d'évaluation

- U-env, U-Fac et WWR-eq sont calculés et leurs valeurs doivent être inférieures aux valeurs maximales de référence données par chaque réglementation thermique nationale (si existante – sinon se référer à la norme disponible sur la plateforme).
- U-env, U-Fac et WWR-eq peuvent être calculés grâce à l'outil disponible sur la plateforme.
- L'évaluateur saisira les valeurs requises afin que le logiciel puisse calculer ces valeurs. Ces valeurs sont ensuite comparées aux valeurs de référence TSBL déjà incorporées dans la bibliothèque du logiciel.
- Concernant la résistance thermique des dalles, la valeur R doit être conforme aux valeurs minimales spécifiées par les normes thermiques. Cette valeur doit être soumise à l'évaluateur avec la largeur de l'isolant installé.
- Les quatre valeurs doivent être conformes à la norme thermique sinon le bâtiment ne sera pas qualifié pour la certification.

TOOLS

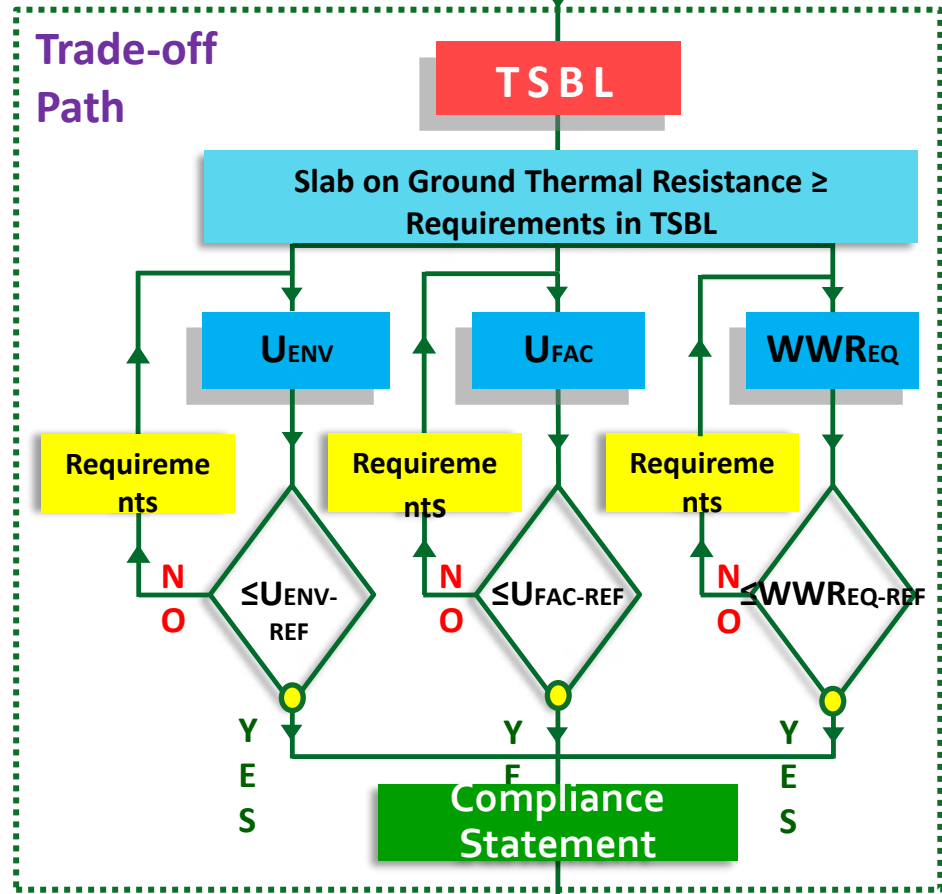
GRASS Tool



GRASS Tool

Envelope

Thermal Performance of Building Envelope



[TSBL 2010] for Lebanon – National Thermal regulation for others countries

TOOLS

GRASS Tool



Overall Envelope UVALUE

$$U_{ENV} = \sum \frac{(U_i \times A_i)}{A}$$

Thermal Performance of Building
Envelope

Slab on Ground Thermal
Resistance

U Envelope

U Facade

WWR Equivalent

- **U_i: Thermal transmittance of the individual component.**
- **A_i: Area of individual component.**
- **A: Area of all envelope components .**

Condition is
achieved if

$$U_{ENV} \leq U_{REF}$$

TOOLS

GRASS Tool



UFAC Calculation

$$U_{FAC} = \sum \frac{(U_i \times A_i)}{A}$$

- **U_i**: thermal transmittance of the exposed walls and windows.
- **A_i**: Area of individual component.
- **A**: Area of all exposed walls including windows in all orientation.

Thermal Performance of Building Envelope

Slab on Ground Thermal Resistance

U Envelope

U Facade

WWR Equivalent

Condition is achieved if

$$U_{FAC} \leq U_{FAC-REF}$$

Heat Transfer in a Building: Thermal Transmittance of a Building's Envelope

Component	U-Value $\frac{W}{m^2K}$	Area (m ²)	U × A
Windows East	4	80	320
Windows North	4	40	160
Wall East	2.5	250	625
Wall West	2.2	330	726
Wall North	2.5	220	550
Wall South	2.2	250	550
Roof	2.2	300	660
Floor semi-exposed	1.5	300	450
Total		1770	4041
$U_{Env} \left(\frac{W}{m^2K} \right)$			
$U_{Fac} \left(\frac{W}{m^2K} \right)$			

Heat Transfer in a Building: Thermal Transmittance of a Building's Envelope

Component	U-Value $\frac{W}{m^2K}$	Area (m ²)	U × A
Windows East	4	80	320
Windows North	4	40	160
Wall East	2.5	250	625
Wall West	2.2	330	726
Wall North	2.5	220	550
Wall South	2.2	250	550
Roof	2.2	300	660
Floor semi-exposed	1.5	300	450
Total		1770	4041
$U_{Env} \left(\frac{W}{m^2K} \right)$			2.28
$U_{Fac} \left(\frac{W}{m^2K} \right)$			2.50

Uref Heat Transfer in a Building: Thermal Transmittance of a Building's Envelope Climate Zone : Inland Plateau

Component	U-Value $\frac{W}{m^2K}$	Area (m ²)	U × A
Windows East	3.3	80	264
Windows North	3.3	40	132
Wall East	0.65	250	162.5
Wall West	0.65	330	214.5
Wall North	0.65	220	143
Wall South	0.65	250	162.5
Roof	0.55	300	165
Floor semi-exposed	1.2	300	360
Total		1770	1603.5
$U_{Env-Ref} \left(\frac{W}{m^2K} \right)$			
$U_{Fac-Ref} \left(\frac{W}{m^2K} \right)$			

Uref Heat Transfer in a Building: Thermal Transmittance of a Building's Envelope Climate Zone : Inland Plateau

Component	U-Value $\frac{W}{m^2K}$	Area (m ²)	U × A
Windows East	3.3	80	264
Windows North	3.3	40	132
Wall East	0.65	250	162.5
Wall West	0.65	330	214.5
Wall North	0.65	220	143
Wall South	0.65	250	162.5
Roof	0.55	300	165
Floor semi-exposed	1.2	300	360
Total		1770	1603.5
$U_{Env-Ref} \left(\frac{W}{m^2K} \right)$			0.905
$U_{Fac-Ref} \left(\frac{W}{m^2K} \right)$			0.922

TOOLS

GRASS Tool



Thermal Performance of Building Envelope

Slab on Ground Thermal Resistance

U Envelope

U Facade

WWR Equivalent

WWR_{EQ} Calculation

$$WWR_{EQ} = \sum \frac{(A_{wi} \times SHGC_{wi} \times ASF_{wi})}{A_v} + 2 \sum \frac{(A_{si} \times SHGC_{si})}{A_h}$$

- **A_{wi}**: Area of the individual window
- **SHGC_{wi}**: Solar Heat Gain Coefficient of the individual window.
- **ASF_{wi}**: Architectural shading factor of the individual window.
- **A_v**: Area of all vertical surfaces (opaque walls + windows).
- **A_{si}**: Area of the individual skylight.
- **SHGC_{si}**: Solar Heat Gain Coefficient of the individual skylight.
- **A_h**: Area of all horizontal surfaces (roofs + skylights).

Condition is achieved if

$$WWR_{EQ} \leq WWR_{REF}$$

Projection Factor PF

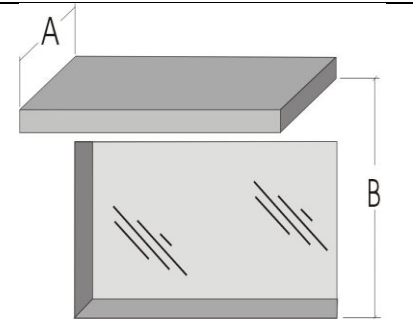
The projection factor for overhangs is expressed as a dimensionless ratio defined as follows:

$$PF_{\text{Overhang}} = A/B$$

PF_{Overhang} = Projection factor for overhangs (dimensionless)

A = Horizontal extension of the overhang from the vertical wall plane that contains the fenestration(m)

B = Distance between the bottom edge of the fenestration and the bottom edge of the overhang (m)



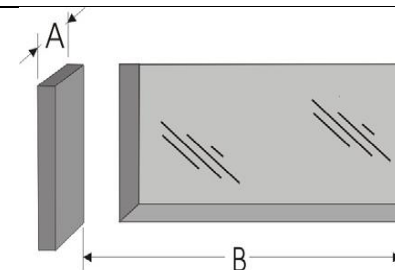
The projection factor for overhangs is expressed as a dimensionless ratio defined as follows:

$$PF_{\text{Fins}} = A/B$$

PF_{Fins} = Projection factor for overhangs (dimensionless)

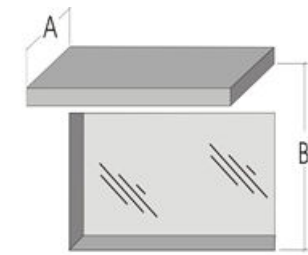
A = horizontal extension of the fin from the vertical wall plane that contains the fenestration (m)

B = Distance between the farthest side of the fenestration to the face of fin closest to the fenestration(m)

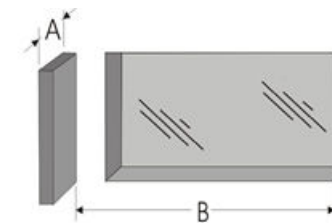


Architectural Shading Factor ASF

PF – Overhangs	ASF per orientation			
	N NE,NW	E EN,ES	W WN,WS	S SE,SW
$PF \leq 0.05$	0.70	1	1	1
$0.05 < PF \leq 0.15$	0.70	1	1	0.9
$0.15 < PF \leq 0.25$	0.70	1	1	0.80
$0.25 < PF \leq 0.40$	0.70	1	1	0.75
$PF \geq 0.40$	0.70	1	1	0.70



PF – Fins	ASF per orientation			
	N	E EN,ES	W WN,WS	S SE,SW
$PF \leq 0.05$	0.70	1	1	1
$0.05 < PF \leq 0.15$	0.70	0.95	0.95	1
$0.15 < PF \leq 0.25$	0.70	0.90	0.90	1
$0.25 < PF \leq 0.40$	0.70	0.85	0.85	1
$PF \geq 0.40$	0.70	0.80	0.80	1



Windows to wall ratio equivalent WWR-eq

	Area m ²	PF-overhangs	ASF	SHGC
Windows East	40	0.35		0.75
Windows South	80	0.35		0.75
Windows West	40	0.35		0.75
Windows North	80	0.35		0.75

- Total Windows Area 240 m²
- Total Façade Area (walls + windows) 1200 m²
- Windows to wall ratio = Windows area/Total Façade area =
-

$$WWR_{EQ} = \sum \frac{(Aw_i \times SHGC_{w_i} \times ASF_{w_i})}{A_v} + 2 \sum \frac{(As_i \times SHGC_{s_i})}{A_h} =$$

Windows to wall ratio equivalent WWR-eq

	Area m ²	PF-overhangs	ASF	SHGC
Windows East	40	0.35	1	0.75
Windows South	80	0.35	0.75	0.75
Windows West	40	0.35	1	0.75
Windows North	80	0.35	0.7	0.75

- Total Windows Area 240 m²
- Total Façade Area (walls + windows) 1200 m²
- Windows to wall ratio = Windows area/Total Façade area = **0.2**

$$WWR_{EQ} = \sum \frac{(A_{w_i} \times SHGC_{w_i} \times ASF_{w_i})}{A_v} + 2 \sum \frac{(A_{s_i} \times SHGC_{s_i})}{A_h}$$

$$= \frac{2 \times 40 \times 1 \times 0.75 + 80 \times 0.75 \times 0.75 + 80 \times 0.7 \times 0.75}{1200} = \mathbf{0.117}$$

GRASS Tools Development

TOOLS

GRASS Tool



Thermal Performance of Building Envelope

Slab on Ground Thermal Resistance

U Envelope

U Facade

WWR Equivalent

All conditions are met

$$U_{ENV} \leq U_{REF}$$

$$U_{FAC} \leq U_{FAC-REF}$$

$$WWR_{EQ} \leq WWR_{REF}$$

Compliance Statement

TOOLS

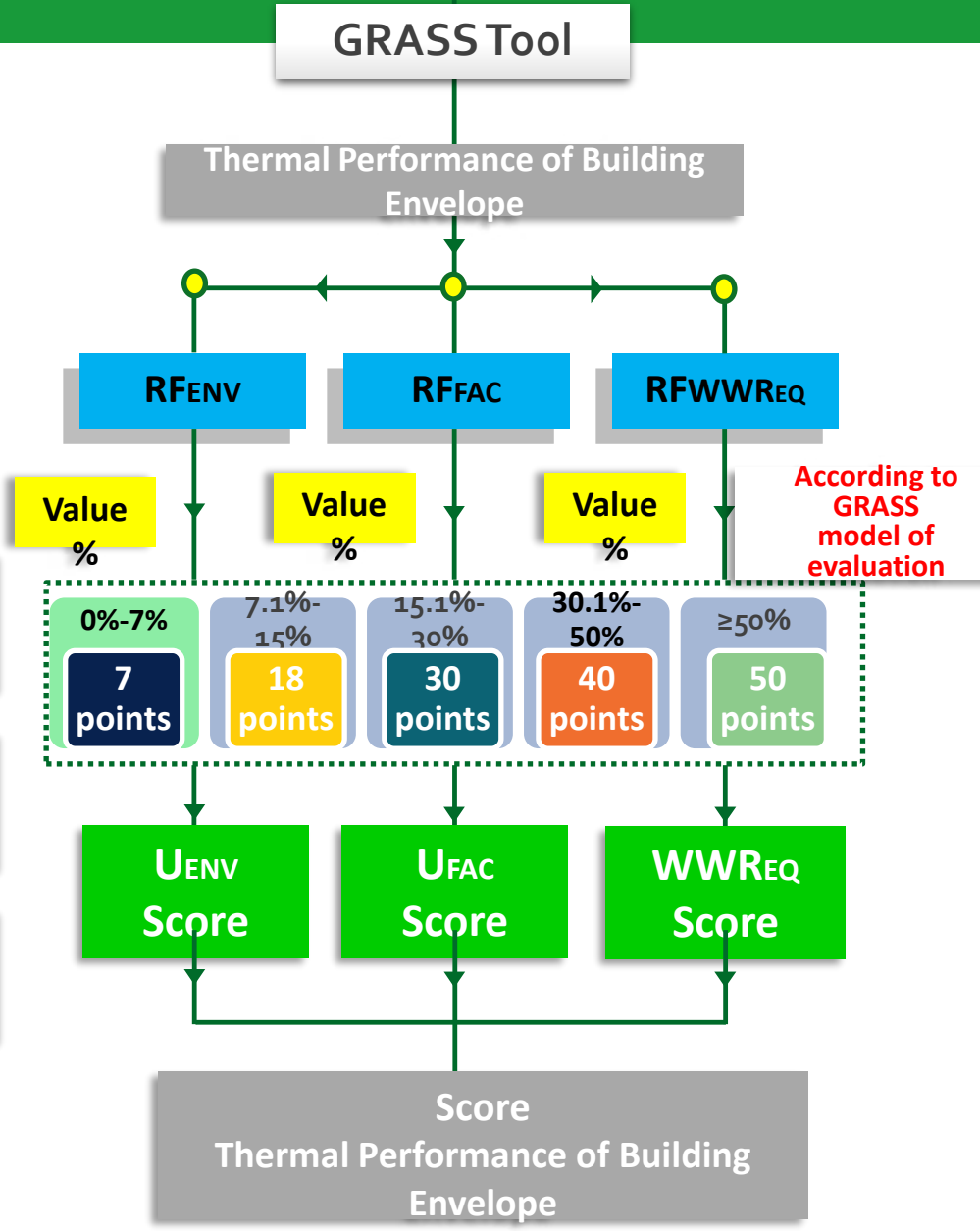
GRASS Tool



$$RF_{ENV} = \frac{U_{ENV-REF} - U_{ENV}}{U_{ENV-REF}} \times 100$$

$$RF_{FAC} = \frac{U_{FAC-REF} - U_{FAC}}{U_{FAC-REF}} \times 100$$

$$RF_{WWR_{EQ}} = \frac{WWR_{EQ-REF} - WWR_{EQ}}{WWR_{EQ-REF}} \times 100$$



How To Comply With GRASSMED?

The scoring points for Thermal Performance of Building Envelope and the requirements for both commercial and residential buildings are given in the table below:

Compliance with Requirements	Scoring Points
Maximum Scoring for Residential and Commercial Buildings	150
Minimum Slab on the ground Thermal Resistance thickness	Prerequisite
RF U_{env}	
0% - 7%	7
7.1%-15%	18
15.1%-30%	30
30.1%-50%	40
≥ 50.1%	50
RF U_{fac}	
0% - 7%	7
7.1%-15%	18
15.1%-30%	30
30.1%-50%	40
≥ 50.1%	50
RF WWR_{eq}	
0% - 7%	7
7.1%-15%	18
15.1%-30%	30
30.1%-50%	40
≥ 50.1%	50



Calculation of Scoring : Thermal Performance of Building Envelope

Uenv-Ref	Uenv	$\frac{(Uenv-Ref - Uenv) \times 100}{Uenv-Ref}$	Scoring
0.9	0.6	$(0.9-0.6) \times 100 / 0.9 = 33\%$	40
Ufac-Ref	Ufac	$\frac{(Ufac-Ref - Ufac) \times 100}{Uenv-Ref}$	Scoring
1.1	0.7	$(1.1-0.7) \times 100 / 1.1 = 36.4\%$	40
WWW-Ref	WWW-eq	$\frac{(WWW-Ref - WWW-eq) \times 100}{WWW-Ref}$	Scoring
0.19	0.12	$(0.19-0.12) \times 100 / 0.19 = 52.6\%$	50
Scoring : Thermal Performance of Building Envelope			130

Use of the TSBC Software Hotel Sky Line Marrakech

Component	Area (m ²)
Windows East & West	40.8 x 2
Windows North & South	61.2 x 2
Wall East	199.2
Wall West	199.2
Wall North	298.8
Wall South	298.8
Roof	600
Floor semi-exposed	600
	$U_{Env-Ref} \left(\frac{W}{m^2K} \right)$
	$U_{Fac-Ref} \left(\frac{W}{m^2K} \right)$



Nous contacter!



Mitigation Enabling Energy Transition in the MEDiterranean region
Together We Switch to Clean Energy

Pour toute demande ou commentaire,
n'hésitez pas à nous contacter

 www.meetmed.org

 meetMED Project

 @meetmed1

 www.almeelebanon.com

 almeelb

 AlmeeLB

 AlmeeLB

 almeelb



This project is funded
by the European Union