

Guide GEPETO

Guide des Procédés d'Enveloppe pour la Performance Energétique
et Thermique des constructions d'Outre-mer



Guide GEPETO

Guide des procédés d'Enveloppe pour la Performance Energétique
et Thermique des constructions d'Outre-mer

Lionel BERTRAND, Rémi BOUCHIE, Kamel ZIBOUCHE, Laurent REYNIER,
Franck LEGUILLON, Charles PELE, Claude POMPEO, François OLIVE, Nicolas POUGET

Avec la contribution ds société Biométal Guadeloupe, Équinoxe,
TDI Isolation, Pronova, CastelFayat, Siapoc.

Ce guide a été réalisé avec le soutien financier du Programme PACTE.



Couverture : Laurent STEFANO

Illustrations : Laurent STEFANO : Fig. 3 p. 14, Fig. 4 et 5 p. 15, Fig. 9 p. 21,
Fig. 11 p. 22, Fig. 1 p. 27, Fig. 6 p. 33, Fig. 1 et 2 p. 47,
Fig. 1 p. 55, Fig. 1 p. 98, Fig. 1 p. 104, Fig. 1 p. 117,
Fig. 2 et 3 p. 118
© CSTB

Sommaire

Partie 1 – Comprendre les phénomènes physiques en jeu	5	Partie 5 – Durabilité des paramètres clés	97
Fiches phénomènes		Fiches durabilité	
Fiche 1 : La performance thermique	7	Fiche 1 : Absorption solaire et émissivité	99
Fiche 2 : L'impact de l'humidité.....	22	Fiche 2 : Conduction thermique	104
Partie 2 – Procédés de construction	30	Partie 6 – Le CSTB vous accompagne dans votre projet d'innovation.....	106
Fiches procédés		Fiches accompagnement	
Fiche 1 : Couverture métallique apparente.....	33	Fiche 1 : Conseil en innovation.....	107
Fiche 2 : Couverture métallique ventilée avec isolant épais et panneaux sandwichs métalliques de couverture	39	Fiche 2 : Intégration de l'innovation.....	109
Fiche 3 : Couverture métallique ventilée avec produit mince réfléchissant	47	Fiche 3 : Essais	111
Fiche 4 : Toiture-terrasse	53	Fiche 4 : Les aides financières	113
Fiche 5 : Mur non isolé en béton ou en maçonnerie.....	59	Annexes	115
Fiche 6 : Bardage en bois non ventilé	66	Fiche 1 : Principes d'évaluation performancielle sur des bâtiments types : méthodologie	116
Fiche 7 : Bardage métallique isolé et panneaux sandwichs métalliques en bardage.....	73	Fiche 2 : Documenter le produit novateur	118
Partie 3 – Marques de qualité : comment s'y retrouver ?.....	78	Fiche 3 : La réglementation thermique de la Guadeloupe (RTG).....	119
Fiches qualité		Fiche 4 : Bibliographie	121
Fiche 1 : Les réglementations.....	80		
Fiche 2 : Le marquage CE.....	81		
Fiche 3 : L'évaluation technique	82		
Fiche 4 : La certification.....	87		
Partie 4 – Paramètres clés spécifiques à la Guadeloupe.....	90		
Fiches paramètres clés			
Fiche 1 : Valeurs utiles de la conductivité thermique	92		
Fiche 2 : Valeurs utiles des propriétés d'émissivité et d'absorption énergétique.....	93		
Fiche 3 : Valeurs conventionnelles des résistances superficielles	94		
Fiche 4 : Exemple de calcul	95		

Concept et objectif du guide

Le présent document est un guide pratique ayant pour objectif de promouvoir les solutions constructives locales novatrices dans le domaine des parois opaques de l'enveloppe du bâtiment (façades, toiture). Le champ d'innovation visé couvre la performance énergétique, le confort thermique et la durabilité. Cet ouvrage s'adresse plus particulièrement à deux types d'acteurs de la construction :

- les **prescripteurs** (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, architectes) : comment sélectionner un choix de parti technique novateur dès la genèse du projet ? Comment mettre en œuvre la solution ? Le guide propose des éléments d'aide à la décision rapides et sans calcul ;
- les **industriels** (du secteur du bâtiment) : quels sont les axes d'innovation pertinents dans le contexte actuel ? Comment lever les blocages rencontrés lors du processus de développement d'un produit novateur, de l'idée jusqu'au marché ?

Les ressources contenues dans ce guide sont essentiellement des rappels de connaissances fondamentales ainsi que des éléments de méthodologie, le tout formant une boîte à outils opérationnelle.

Mode d'emploi de ce guide

Afin d'en simplifier l'usage, le guide est structuré par fiches élémentaires. L'accès aux fiches pertinentes est fléché depuis un schéma de processus métier propre à chaque acteur, et qui constitue donc le point de départ de votre lecture :

1. consulter votre processus métier :
 - prescripteurs,
 - industriels ;
2. consulter les fiches d'intérêt repérées sur le schéma.

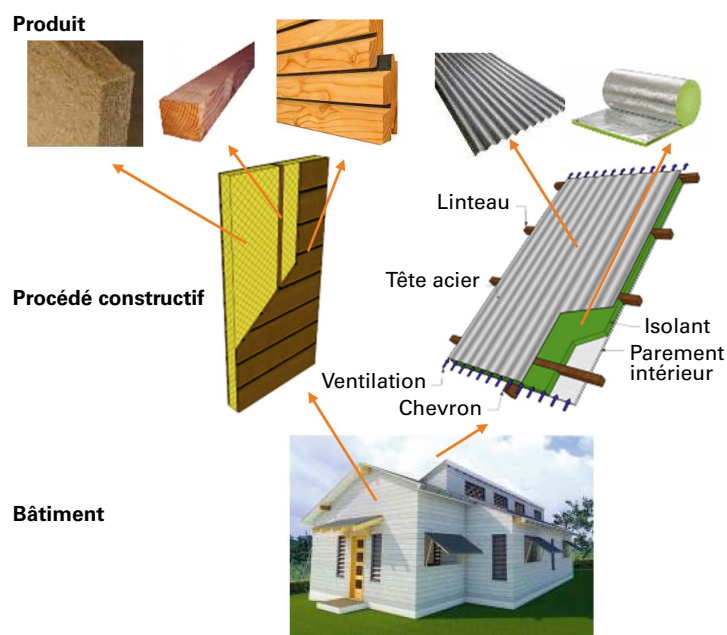


Figure 1 : La performance thermique à l'échelle du bâtiment, du procédé et du produit

1. Index pour les prescripteurs

Ce schéma de votre processus métier vous oriente vers les fiches du guide à consulter selon l'avancement de votre projet de construction.



Figure 2 : Index d'utilisation du Guide pour les prescripteurs

2. Index pour les industriels

Ce schéma de votre processus métier vous oriente vers les fiches du guide à consulter selon l'avancement de votre projet de développement de produit novateur.



Figure 3 : Index d'utilisation du Guide pour les industriels

PARTIE 1

**Comprendre les phénomènes
physiques en jeu**

La performance thermique d'un bâtiment en climat guadeloupéen dépend de nombreux paramètres. On distinguera notamment les performances des systèmes actifs sur les consommations d'énergie (systèmes de refroidissement, VMC, etc.) des performances passives du bâtiment.

Ces performances passives sont essentiellement déterminées par deux familles de composants :

- les composants formant l'**enveloppe** du bâtiment, c'est-à-dire l'ensemble des composants séparant l'ambiance intérieure de l'ambiance extérieure. Cette famille regroupe notamment les parois opaques (murs, toitures, etc.), les parois vitrées (fenêtres, par exemples) et les ponts thermiques (jonction entre parois, par exemple) ;
- les **autres composants du bâti** : planchers intermédiaires, cloisons, etc. Ces autres composants vont contribuer au stockage des apports solaires en provenance des baies et les apports internes pour limiter dans une certaine mesure les surchauffes (inertie thermique du bâti).

Les composants d'enveloppe vont avoir un rôle majeur dans les échanges d'énergie entre l'extérieur et l'intérieur, en particulier sur la **quantité d'énergie solaire pouvant pénétrer à l'intérieur**. Ces composants sont constitués des différents **produits**, à savoir des matériaux manufacturés mis sur le marché par des industriels, des tôles aciers ondulées prélaquées, des produits isolants, des éléments de fixation, par exemple.

Plusieurs produits associés entre eux et avec les différents éléments de structure du bâtiment (mur maçonné, charpente en bois, etc.) constituent des **procédés de construction**. Si certains procédés de construction peuvent être assemblés en usine et mis sur le marché (panneaux sandwichs métalliques utilisés pour l'isolation des entrepôts frigorifiques, par exemple), les procédés d'isolation sont pour la majorité mis en œuvre sur chantier par les artisans en suivant les règles de l'art ([DTU](#), [règles professionnelles acceptées par la commission prévention produits de l'Agence qualité construction](#), [recommandations professionnelles RAGE](#), etc.) ou les évaluations (notamment [ATEX et Avis Techniques](#)). La performance finale de ces procédés de construction dépend ainsi de plusieurs facteurs que sont :

- la qualité intrinsèque des produits constituant le procédé de construction en termes de performance et de durabilité ;
- la compatibilité et les interactions entre les différents produits constituant le procédé de construction ;
- la clarté des règles de mise en œuvre ;
- le respect des règles de mise en œuvre.

Cette première partie regroupe des [fiches « phénomènes »](#) qui ont pour objectif de présenter tous les indicateurs de performances énergétiques disponibles aux différentes échelles (produits, procédés de construction et bâtiments) et de les lier à tous les phénomènes physiques intervenants.

Des [fiches procédés de construction](#) sont présentées ensuite afin de déterminer, pour les procédés les plus courants à la Guadeloupe, les paramètres physiques ayant le plus d'impact sur les indicateurs U_p et S_p , mais aussi à l'échelle des bâtiments. Une analyse des leviers techniques d'amélioration des performances est également proposée, avec les listes des points d'attention et des freins techniques qu'il conviendrait de lever *via*, notamment, des procédures d'évaluation décrites dans la [Partie 3 « Marques de qualité : comment s'y retrouver ? »](#).

Les solutions techniques de métropole ne sont pas toujours adaptées à la Guadeloupe

En métropole, l'inertie thermique du bâti associée à une surventilation nocturne efficace est une solution reconnue pour limiter les surchauffes et assurer un confort estival optimal. Cette solution n'est cependant pas transposable immédiatement en climat guadeloupéen.

La performance thermique

1

1. Les modes de transfert de la chaleur

Physiquement, la chaleur se transmet par trois modes :

- le **rayonnement** : ce mode de transfert a essentiellement lieu dans les milieux transparents tels que les cavités d'air, l'environnement extérieur, l'intérieur... Le rayonnement est une onde électromagnétique échangée entre deux corps de températures différentes. La température atteinte par le corps émetteur détermine ce que l'on appelle le « spectre » d'émission : par exemple, certains corps vont rayonner dans le visible du fait de leur température localement haute (flamme d'un briquet, soleil, etc.), et d'autres, portés, par exemple, à des températures inférieures à 100 °C, vont rayonner dans des spectres invisibles à l'œil nu mais dont nous ressentons les effets thermiques (lampes infrarouges, par exemple). Dans le domaine du bâtiment, trois spectres sont à distinguer :
 - le spectre visible (indice v), correspondant au rayonnement lumineux visible à l'œil nu,
 - le spectre solaire ou énergétique (indice e), correspondant au rayonnement global émis par le soleil. Il comprend essentiellement le spectre visible et une partie d'infrarouge dit « proche »,
 - le spectre thermique ou infrarouge lointain (indice th ou IR), correspondant au rayonnement émis par des corps portés à des températures habituellement rencontrées dans le bâtiment.

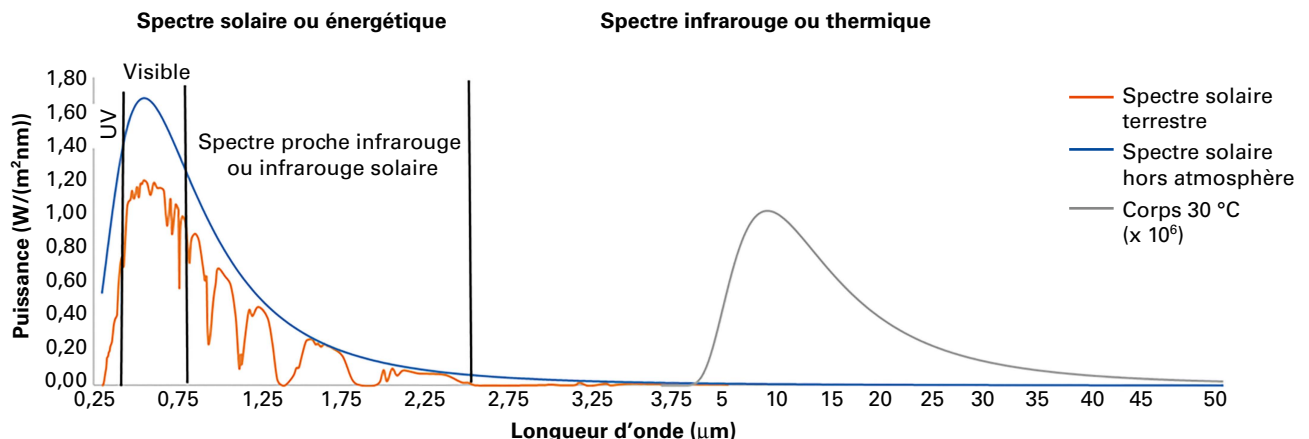


Figure 1 : Illustration du spectre solaire

Toute paroi rayonne vers son environnement et, inversement, certains éléments de son environnement rayonnent fortement vers elle, comme le soleil. La nature et l'état de surface de la paroi ont un effet déterminant sur la capacité de celle-ci à absorber, transmettre ou réfléchir ce rayonnement. Il en est de même pour le spectre du rayonnement reçu. Par exemple, les vitrages sont en partie transparents au rayonnement solaire mais opaques au rayonnement thermique, ce qui explique que l'énergie solaire traversant un vitrage soit absorbée par les parois intérieures, réémise sous forme de rayonnement thermique et ne peut alors plus traverser le vitrage (effet de serre).

FICHES PHÉNOMÈNES

1

La performance thermique

Dans le spectre solaire, la capacité d'un revêtement extérieur opaque à absorber l'énergie solaire est mesurée par son coefficient d'absorption énergétique α_e . Dans le spectre infrarouge, la capacité d'un revêtement à émettre plus ou moins de rayonnement est caractérisée par son émissivité ε ;

- la **conduction** : la chaleur se transmet de proche en proche par vibration des particules dans tout type de matière solide, liquide ou gazeuse ;
- la **convection** : ce mode de transfert a lieu dans les fluides (liquides et gaz). Le fluide en mouvement transporte l'énergie calorifique. Le mouvement du fluide peut être engendré par une action mécanique (ventilateur, pompe, etc.), on parle alors de « convection forcée », ou induit par la variation de la densité du milieu fluide avec sa température, on parle alors de « convection naturelle ». Par exemple, l'air chaud est plus léger et a donc tendance à se déplacer naturellement vers le haut. Ces déplacements de fluide transportent une partie importante de l'énergie, ce qui intensifie les transferts thermiques. Le double vitrage en est un exemple : l'un des verres étant plus chaud que l'autre, l'air contenu dans le vitrage a tendance à monter sur la face chaude, puis se refroidit en haut du vitrage, pour retomber en léchant la face froide du vitrage. Ce mouvement convectif, même très léger, intensifie de manière importante les transferts entre faces chaude et froide.

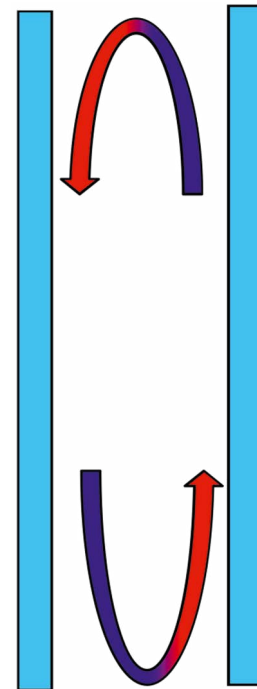
Ces trois modes de transfert sont systématiquement et simultanément présents à travers les matériaux de construction. Un produit et un procédé de construction performant à la Guadeloupe doivent donc limiter au maximum ces trois modes de transfert de la chaleur de l'extérieur vers l'intérieur afin de conserver une ambiance intérieure confortable et/ou de limiter les consommations de climatisation.

2. Principaux produits contribuant à la performance thermique à la Guadeloupe : quels paramètres physiques clés ?

L'objet de ce paragraphe est de présenter les produits qui constituent les procédés de construction présents à la Guadeloupe, ainsi qu'une explication physique des indicateurs de performances clés que sont le coefficient de transmission thermique U_p de la paroi et le facteur de transmission de l'énergie solaire de la paroi S_p .

2.1 Produits isolants (PSE, laines minérales, etc.)

Les produits d'isolation thermique sont un important contributeur de la performance globale des parois du bâtiment. L'indicateur clé sur ces produits est la résistance thermique, notée R , qui s'exprime en $m^2.K/W$ et qui correspond à la capacité du produit à résister au passage de la chaleur.



Tverre ext. < Tverre int.

Figure 2 : Illustration des échanges thermiques par convection dans un double vitrage

La performance thermique

1

La résistance thermique est :

- proportionnelle à l'épaisseur du produit isolant : plus le produit isolant est épais, plus sa résistance thermique est grande ;
- inversement proportionnelle à la conductivité thermique du produit : plus la conductivité est basse, plus sa résistance thermique est grande.

La conductivité thermique du produit est notée λ et s'exprime en $W/(m.K)$. Elle correspond à la puissance thermique qui traverserait un mètre de matériau pour un écart de température de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Il s'agit d'un paramètre très important pour la performance des isolants, car baisser la conductivité thermique permet d'améliorer leurs performances d'isolation, et ce, sans augmenter les épaisseurs des produits.

Il est important de noter qu'il s'agit d'une conductivité thermique apparente, qui tient compte des trois modes de transfert de la chaleur décrits précédemment. En effet, si l'on entend souvent que « l'air est le meilleur des isolants », il faut comprendre que seul l'air immobile a une conductivité thermique faible. Or, l'air est en général toujours en mouvement du fait de la convection dans les parois. De même, l'air est parfaitement transparent au rayonnement thermique, ce qui accentue les transferts thermiques. Ainsi, un isolant est toujours composé d'une matrice solide dont la première fonction est de limiter les mouvements d'air et, dans une moindre mesure, d'absorber une partie du rayonnement thermique. Cette matrice peut être constituée de fibres ouvertes limitant les mouvements de l'air (cas des laines minérales) ou de cellules fermées emprisonnant un gaz (cas des polystyrènes). Cette matrice introduit cependant un passage supplémentaire pour la chaleur par conduction solide : un isolant est donc toujours un compromis en termes de taille, de types et de densité de la matrice solide.

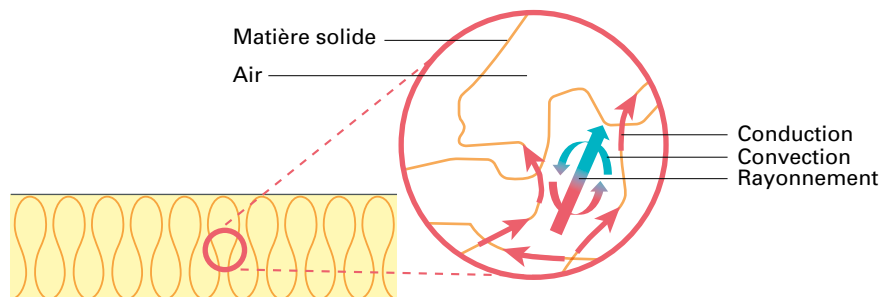


Figure 3 : Illustration des transferts de chaleur à travers la matrice d'un isolant

Du fait notamment de ces phénomènes complexes de transfert, la conductivité thermique apparente des isolants est en général sensible à la température moyenne du produit, les hautes températures intensifiant aussi les échanges radiatifs dans le produit.

De même, certaines matrices, en particulier des fibres biosourcées, peuvent être sensibles à l'humidité : gonflement des fibres, augmentation de leur conduction solide, etc. L'humidité peut donc avoir un impact important sur la conductivité thermique des isolants.

FICHES PHÉNOMÈNES

1

La performance thermique

À la Guadeloupe, les conditions d'exposition des produits isolants étant très différentes, il convient de corriger ces valeurs déclarées et de les convertir en valeurs utiles avant tout calcul de performance thermique. Des coefficients de conversion sont présentés dans la fiche « Paramètres clés spécifiques à la Guadeloupe ».

2.2. Produits minces réfléchissants

Les produits réfléchissants sont constitués au minimum d'un film réfléchissant à faible émissivité, en général constitué d'aluminium ou d'une feuille plastique métallisée. Dans la majorité des cas, le produit est constitué de deux films réflecteurs séparés par une matrice isolante de nature différente :

- bulles PET pour les produits réfléchissants « à bulles » ;
- complexe de couches isolantes séparées par des films réflecteurs intermédiaires pour les produits réfléchissants « multicouches ». La nature des couches isolantes est variable : ouate de polyester, fibres minérales, voire fibres biosourcées.

L'épaisseur des produits réfléchissants varie de 5 mm pour les produits « à bulles » à quelques centimètres (en général inférieure à 5 cm) pour les « multicouches ». Leur résistance thermique intrinsèque, c'est-à-dire entre les deux faces du produit, varie de 0,1 à 1 m².K/W.

À la Guadeloupe, ils sont mis en œuvre à ce jour essentiellement en toiture :

- entre liteaux en bois en contact direct avec le parement intérieur ([cf. fiche « Couverture métallique ventilée avec produit mince réfléchissant »](#)) ;
- laminé en sous-face des couvertures en tôle ondulée ([cf. fiche « Couverture métallique apparente »](#)).

L'intérêt de ces produits réside essentiellement dans leurs faces réfléchissantes permettant de réduire le rayonnement thermique dans les lames d'air adjacentes. L'émissivité ϵ de ces faces est donc le paramètre le plus important pour ce type de produits.

Pour profiter au maximum des avantages de ces produits, il est important de ménager des lames d'air d'épaisseur suffisante (> 2 cm) de part et d'autre du produit.

La durabilité de la basse émissivité des faces est également un paramètre important, en particulier leur tenue aux hautes températures et à l'humidité ainsi qu'à la corrosion saline ([cf. partie « Durabilité des paramètres clés »](#)).

Les conditions normalisées de la métropole ne sont pas toujours adaptées à la Guadeloupe

En métropole, la résistance thermique des produits isolants est généralement mesurée dans des conditions normalisées : à une température moyenne de 10 °C et une humidité relative de 50 %. Pour les produits isolants soumis au marquage CE, la valeur déclarée par le fabricant est en particulier déterminée sur la base d'essais réalisés dans ces conditions spécifiques.

La performance thermique

1

Le comportement des procédés de construction intégrant des produits réfléchissants n'est pas le même en métropole et à la Guadeloupe

En métropole, la performance thermique des parois intégrant des produits réfléchissants est assujettie à la parfaite étanchéité à l'air des lames d'air adjacentes au produit, de telle sorte qu'elles sont considérées comme non ventilées. En effet, le flux thermique traverse essentiellement les parois de l'intérieur vers l'extérieur et il est dès lors important que l'air chaud ne court-circuite pas la lame d'air intérieure et que l'air froid ne court-circuite pas non plus la lame d'air extérieure.

À la Guadeloupe, le flux thermique étant inversé, de l'extérieur vers l'intérieur, il est au contraire bien plus efficace de ventiler le plus possible les lames d'air vers l'extérieur de manière à évacuer les calories par convection. La combinaison d'une ou plusieurs lames d'air ventilées sur l'extérieur à des faces réfléchives permet de limiter les transferts à la fois convectifs et radiatifs dans les lames d'air.

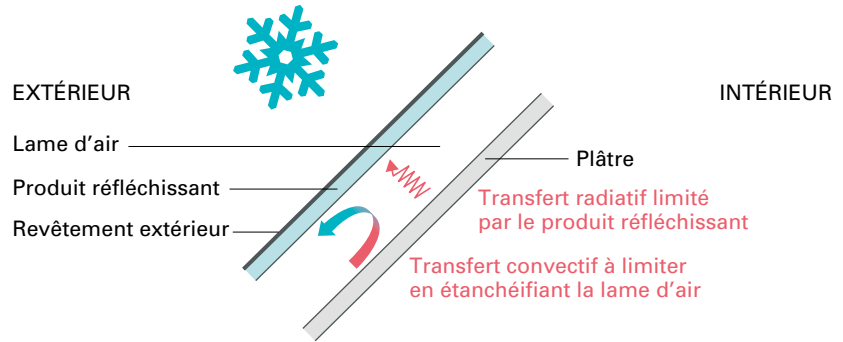


Figure 4 : Comportement thermique d'un procédé de construction intégrant un produit mince réfléchissant en thermique d'hiver (mise en œuvre optimale en métropole)

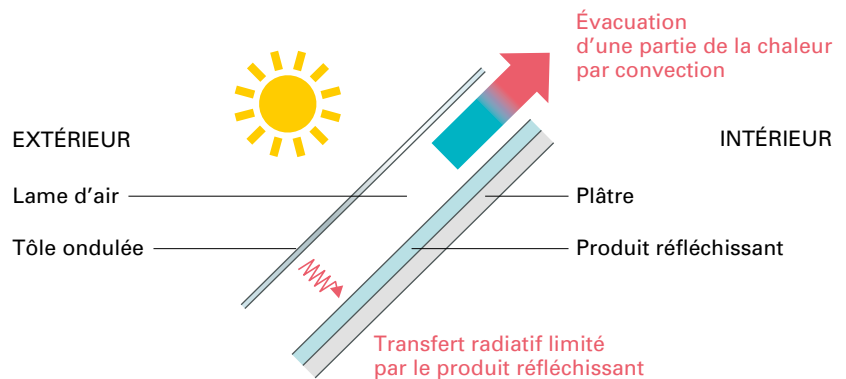


Figure 5 : Comportement thermique d'un procédé de construction intégrant un produit mince réfléchissant en situation estivale (mise en œuvre optimale à la Guadeloupe)

2.3 Tôles ondulées

Il s'agit du système de couverture largement majoritaire à la Guadeloupe. Outre ses fonctions de base en termes d'étanchéité à l'eau, de résistance mécanique notamment à l'envol en cas de cyclone, la tôle ondulée peut également contribuer de manière importante à la performance thermique des bâtiments.

En effet, la capacité de la tôle à réfléchir le rayonnement solaire est un élément important pour limiter les transferts des apports solaires. Cette capacité se caractérise par le coefficient d'absorption de l'énergie solaire α_s de la face extérieure : plus α_s est proche de zéro, plus la tôle réfléchit l'énergie solaire, moins elle aura donc tendance à s'échauffer.

La faible absorption de l'énergie solaire est en partie liée à la teinte de la tôle : les tôles plus claires absorbent moins d'énergie solaire que les tôles sombres. Cependant, certains revêtements dont la réflexion du spectre solaire non visible (essentiellement l'infrarouge proche) a été augmentée possèdent des absorptions réduites pour des teintes identiques.

FICHES PHÉNOMÈNES

1

La performance thermique

La durabilité des tôles à faible absorption solaire est un paramètre clé. Le revêtement extérieur doit notamment résister aux fortes températures, à l'humidité et à la corrosion saline. Il doit de plus résister à l'encrassement dû à divers facteurs (incrustation poussières, développement algues et fongiques, etc.) qui ont tendance naturellement à noircir les revêtements clairs à un rythme rapide (cf. partie « Durabilité des paramètres clés »). De ce fait, l'entretien régulier de ce type de toitures est primordial, mais rarement réalisé en pratique. Des revêtements dits « autonettoyants » existent, mais sont à ce jour quasiment pas utilisés faute, notamment, de méthode d'évaluation de leur efficacité.

À ce jour, pour tenir compte d'un encrassement forfaitaire, les exigences réglementaires de la RTAA DOM (réglementation thermique acoustique et aération) imposent pour toute teinte claire à l'initial ($\alpha_e < 0,4$) des valeurs utiles par défaut de $\alpha_{e,u} = 0,6$ quelle que soit la valeur de cette teinte. Ainsi, une teinte initialement mesurée à $\alpha_e = 0,39$ sera traitée de la même façon qu'une teinte mesurée à l'initial à $\alpha_e = 0,10$.

Ce phénomène d'encrassement a fait l'objet d'une analyse bibliographique. Un banc d'essai expérimental a été développé également pour mesurer l'effet de cet encrassement *in situ*. Il pourrait, entre autres, servir à documenter les encrassements forfaitaires à considérer et servir de justificatif dérogatoire pour le comportement de produits novateurs comme les revêtements autonettoyants (cf. partie « Durabilité des paramètres clés »).

Dans une moindre mesure, l'émissivité des deux faces de la tôle ondulée a également un impact sur les transferts de chaleur de l'extérieur vers l'intérieur :

- l'émissivité en sous-face de la tôle doit être la plus basse possible pour limiter les échanges radiatifs vers l'intérieur ;
- l'émissivité en surface de la tôle doit, au contraire, être la plus haute possible pour maximiser les échanges radiatifs avec la voûte céleste et bénéficier ainsi du refroidissement nocturne.

3. Vers des procédés de construction performants à la Guadeloupe : quels indicateurs ? Quelles interactions entre produits ?

Plusieurs indicateurs importants définissent la performance thermique d'un procédé de construction de composant d'enveloppe et entrent dans l'évaluation de la performance globale d'un bâtiment. Ce sont :

3.1 Le coefficient de transmission thermique surfacique U

Il s'agit du flux thermique en régime stationnaire par unité de surface, pour une différence de température d'un kelvin entre les milieux situés de part et d'autre du composant. Ce coefficient traduit la capacité du composant

La performance thermique

1

de l'enveloppe à échanger la chaleur entre les deux ambiances adjacentes. Plus U est faible, plus le composant est isolant. Il s'exprime en $W/(m^2.K)$.

Le coefficient de transmission thermique surfacique est souvent noté U_p pour les parois opaques et U_w pour les parois vitrées. Sa valeur est liée à la résistance thermique de chaque couche homogène du composant d'enveloppe et aux différentes hétérogénéités appelées « ponts thermiques intégrés linéiques » Ψ (montants, chevrons, liteaux, etc.) et « ponctuelles » χ (vis, entretoises, suspentes, etc.).

Pour les parois opaques, dont traite ce guide, le coefficient U_p se calcule comme suit :

$$U_p = U_c + \Delta U_1$$

où :

U_c est le coefficient de transmission surfacique en partie courante de la paroi :

$$U_c = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}}$$

où :

R_{si} et R_{se} sont les résistances thermiques superficielles côtés intérieur et extérieur de la paroi. Les valeurs conventionnelles à utiliser à la Guadeloupe sont présentées dans la [Partie 4 « Paramètres clés spécifiques à la Guadeloupe »](#).

R est la résistance thermique de la paroi, exprimée $m^2.K/W$, déterminée comme étant la somme des résistances thermiques des différentes couches constituant la paroi y compris les lames d'air éventuelles :

$$R = \sum_{i=1}^n R_i$$

ΔU_1 est l'impact des ponts thermiques à la paroi :

$$\Delta U_1 = \frac{\sum_i \Psi_i \cdot L_i + \sum_j \chi_j}{A}$$

où :

Ψ_i est le coefficient linéique du pont thermique intégré i , exprimé en $W/(m.K)$

χ_j est le coefficient ponctuel du pont thermique j , exprimé en W/K

L_i est le linéaire du pont thermique intégré i en m

A est la surface totale de la paroi, en m

Un exemple d'utilisation de ces formules dans le cas d'une paroi à ossature en bois est présenté dans la fiche [« Paramètres clés spécifiques à la Guadeloupe »](#).

FICHES PHÉNOMÈNES

1

La performance thermique

3.2 Facteur de transmission de l'énergie solaire S

Communément appelé « facteur solaire », ce facteur correspond au rapport entre l'énergie pénétrant à l'intérieur du local et l'énergie solaire totale incidente sur la face extérieure de la paroi du local. Seule la fraction du rayonnement solaire dont la longueur d'onde va de 0,3 mm à 2,5 mm est concernée.

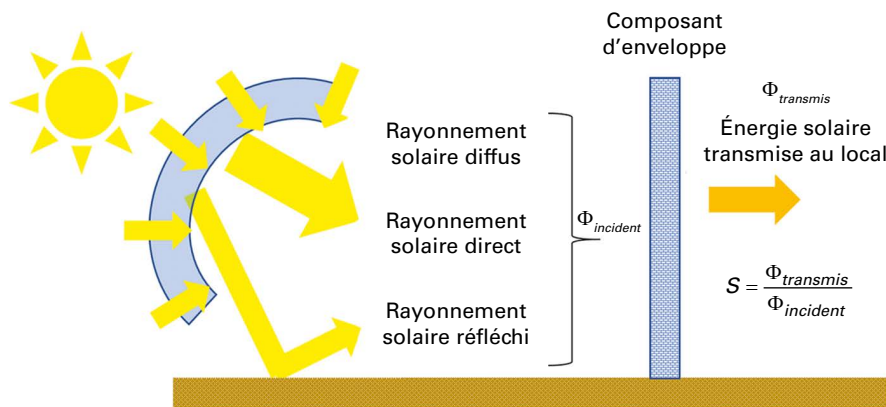


Figure 6 : Définition illustrée du facteur solaire

Le facteur solaire est souvent noté S_p pour les parois opaques et S_w pour les parois vitrées. Dans le cas des parois opaques, dont traite ce guide, l'énergie allant vers l'intérieur correspond à l'énergie solaire incidente absorbée sur la face extérieure puis transmise à travers les différentes couches du composant jusqu'à l'intérieur du local. La valeur du facteur solaire dépend donc essentiellement des propriétés suivantes :

- le coefficient d'absorption de l'énergie solaire de la face extérieur du composant α_e . Les valeurs conventionnelles à utiliser à la Guadeloupe sont présentées dans la fiche « [Paramètres clés spécifiques à la Guadeloupe](#) » ;
- le coefficient de transmission thermique U_p du composant traduisant sa capacité à transmettre l'énergie absorbée à l'intérieur du local ;
- le coefficient d'échange thermique extérieur h_e , permettant de déterminer l'énergie échangée entre la face extérieure du composant chauffé par le rayonnement solaire et l'ambiance extérieure qui la refroidit. Les valeurs conventionnelles à utiliser à la Guadeloupe sont présentées dans la fiche « [Paramètres clés spécifiques à la Guadeloupe](#) » ;
- la présence de lame d'air ventilée vers l'extérieur dans le composant. Dans ce cas, l'écoulement d'air dans la lame permet de transporter et d'évacuer une partie de l'énergie calorifique absorbée.

Pour un composant opaque sans lame d'air ventilée :

$$S_p = \frac{\alpha_e \cdot U_p}{h_e}$$

La performance thermique

1

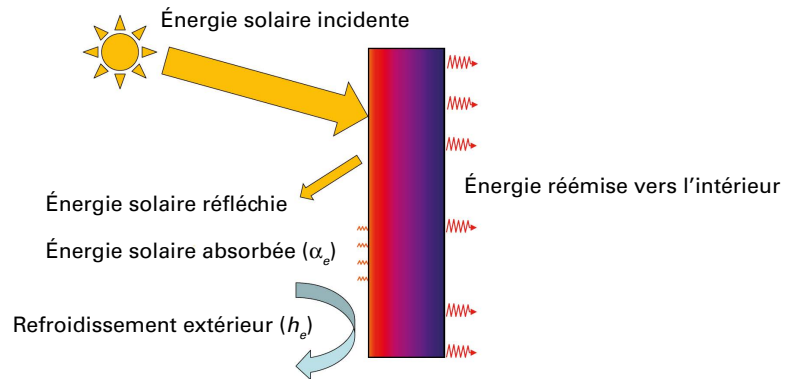


Figure 7 : Illustration des transferts thermiques impactant le facteur solaire dans le cas d'une paroi sans lame d'air ventilée

La présence d'une lame d'air ventilée sur l'extérieur peut fortement abaisser le facteur solaire du procédé de construction, en particulier pour des niveaux d'isolation plus faibles : le facteur solaire se calcule dans ce cas à l'aide d'un modèle plus complexe couplant les transferts thermiques et la ventilation de la lame d'air. Ce type de modèle a été utilisé pour calculer les gammes de facteurs solaires dans les différentes fiches de la partie « [Procédés de construction](#) ».

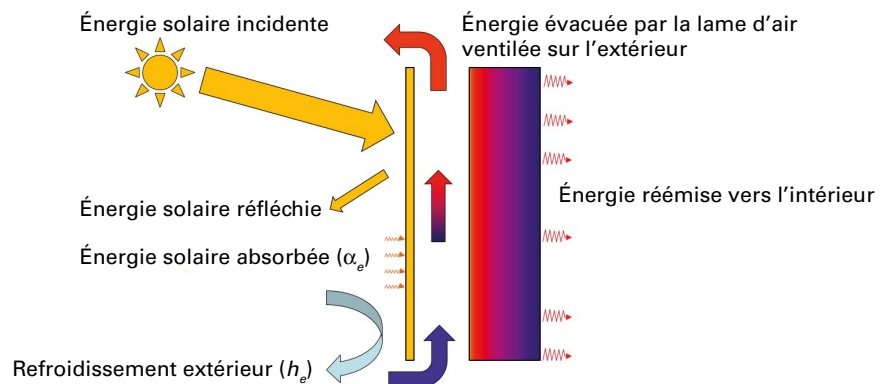


Figure 8 : Illustration des transferts thermiques impactant le facteur solaire dans le cas d'une paroi avec lame d'air ventilée

4. Vers des bâtiments performants à la Guadeloupe : quels indicateurs ?

Nous nous focalisons dans ce guide sur les performances passives du bâtiment, c'est-à-dire liées à son enveloppe, qui permettent, d'une part, d'améliorer le confort intérieur des locaux et, d'autre part, de limiter les besoins de refroidissement du bâtiment.

FICHES PHÉNOMÈNES

1

La performance thermique

Compte tenu de ces objectifs, deux indicateurs sont ici utilisés pour mesurer la performance des bâtiments :

- un **indicateur de confort hygrothermique intérieur** (limité aux logements) dit ICT et évaluant le confort intérieur en l'absence de refroidissement des locaux ;
- un **indicateur de besoins énergétiques de refroidissement**, à savoir les besoins de froid du bâtiment qui seront à satisfaire par un éventuel système de refroidissement (non évoqué ici).

Avant d'aborder ces indicateurs, voici quelques éléments sur le confort thermique.

4.1 Éléments sur le confort thermique

4.1.1 Échanges thermiques de l'être humain avec son ambiance

Pour assurer ses fonctions vitales, l'être humain dégrade en permanence des substrats énergétiques en consommant de l'oxygène, en produisant du CO₂ et en dégageant de l'énergie. Même au repos, une centaine de watts sont produits en continu.

Cette énergie dégagée doit être transférée à l'environnement par le biais des pertes thermiques afin de maintenir la température interne du corps à 37 °C. Ces pertes thermiques sont liées aux mécanismes suivants :

- la **convection** : les échanges liés à la convection sont très importants et participent fortement aux déperditions calorifiques. Ils seront d'autant plus grands que l'**écart température d'air-température moyenne de la peau** est important. De même, plus les vitesses d'air sont importantes, plus l'échange convectif est important. Ces échanges convectifs sont diminués, voire annulés, lorsque la personne est de plus en plus vêtue ;
- la **radiation** : il s'agit ici des échanges à distance entre le corps humain et des surfaces à une température différente (parois opaques et vitrées, notamment). Le flux radiatif est influencé par l'**écart température moyenne de rayonnement du milieu T_{rm} -température moyenne de peau**.
 - La température moyenne de rayonnement : les températures des parois opaques et des parois vitrées sont généralement différentes. Cela est également vrai entre les types de parois opaques (verticales, horizontales). Afin de pouvoir estimer le flux radiatif lié à l'ensemble de ces parois, on définit la température moyenne de rayonnement T_{rm} . Il s'agit d'une **température de surface moyenne fictive** qui donne le même flux radiatif global que celui calculé pour chaque paroi.

La performance thermique

1

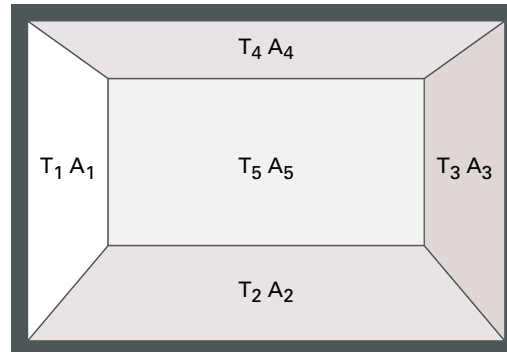


Figure 9 : Définition de la température moyenne de rayonnement

Elle se calcule par la formule suivante :

$$T_{rm} = \frac{\sum_i T_i * A_i}{\sum_i A_i}$$

La température opérative T_{op} : on adjoint souvent à la température moyenne de rayonnement la notion de température opérative T_{op} . Elle se calcule par la formule :

$$T_{op} = \frac{hc * T_i + hr * T_{rm}}{hc + hr}$$

La formule fait intervenir :

hc et hr : les coefficients d'échange de chaleur par convection et par rayonnement

T_{rm} : la température moyenne de rayonnement

T_i : la température de l'air

La température opérative permet donc de rendre compte des effets combinés des échanges convectifs et radiatifs. Elle est simple et rend compte en une seule valeur des déperditions potentielles de chaleur sensible.

- **L'évaporation** : la sudation cutanée, lorsqu'elle se produit, conduit à des échanges importants du fait des échanges de chaleur latente. La présence de vêtements imperméables diminue ce flux d'échanges en diminuant la surface de peau disponible. Le taux d'évaporation est contrôlé par l'**humidité relative de l'air ambiant**. Plus elle est haute, moins les possibilités d'évaporation seront importantes.
- La **conduction** : il s'agit d'échanges par contact avec des objets, donc plutôt sur de petites surfaces. Son importance est faible.

L'ensemble de ces échanges s'appelle le « bilan thermique » dont il est possible de faire une estimation *a priori*. C'est grâce au calcul du bilan thermique que l'on peut prédire si les conditions sont propices ou non à l'établissement du confort.

FICHES PHÉNOMÈNES

1

La performance thermique

4.1.2 Rôle de l'inertie thermique des bâtiments dans le climat ultramarin

L'impact de l'inertie thermique d'un bâtiment est visible sur le flux de chaleur qui traverse son enveloppe de l'extérieur vers l'intérieur. Comme le montre la figure 10 ci-après, l'inertie va à la fois :

- déphaser l'apport de chaleur liée à l'augmentation des températures extérieures la journée ;
- atténuer le pic de température.

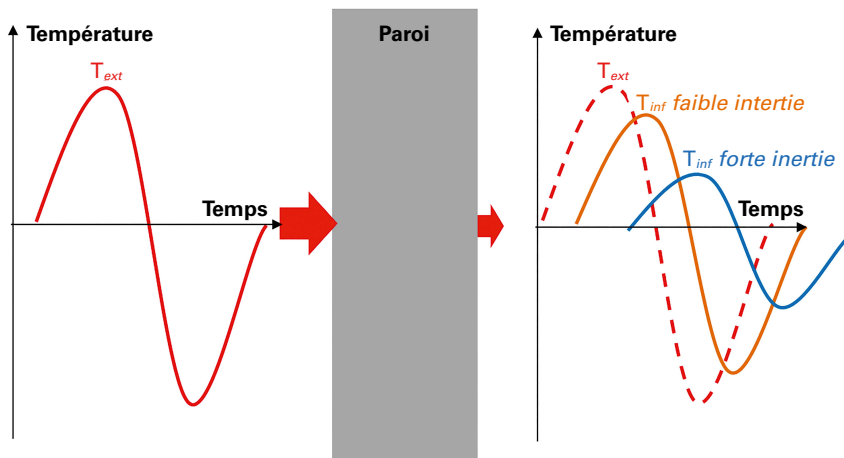


Figure 10 : Déphasage et diminution de l'amplitude thermique extérieure dus à l'inertie

Cet impact est particulièrement intéressant dans les climats qui ont une forte amplitude thermique jour-nuit. Le déphasage peut même permettre de faire coïncider la vague de chaleur avec l'apparition des besoins de chauffage.

Dans les climats ultramarins, l'amplitude thermique jour-nuit est faible. Le rôle de l'inertie est donc plus limité, et peut même être contre-productif pour les locaux occupés la nuit. Il peut donc être intéressant de dissocier l'inertie des locaux occupés le jour (inertie moyenne ou lourde) de celle des locaux occupés la nuit (inertie légère ou très légère) avec une bonne ventilation (cf. figure 11 ci-après).

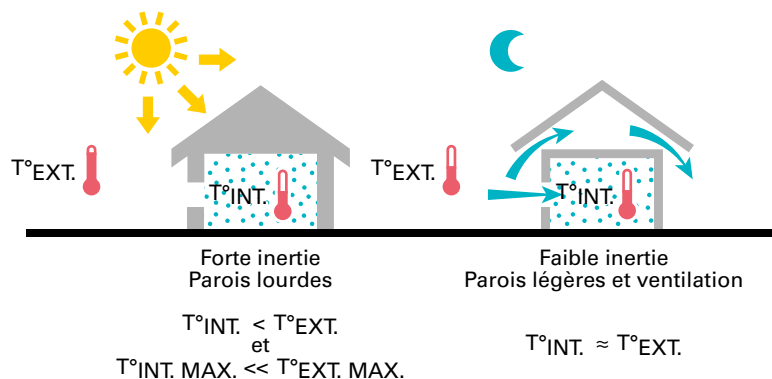


Figure 11 : Dissociation de l'inertie selon le type d'occupation (jour-nuit) du local

La performance thermique

1

4.2 L'indicateur de confort hygrothermique intérieur ICT

Afin de mesurer le confort obtenu par les procédés de construction proposés, nous utilisons ici l'indicateur ICT de la [réglementation thermique de la Guadeloupe \(RTG\)](#).

4.2.1 L'indicateur retenu ICT

L'indicateur de confort hygrothermique ICT se base sur la température opérative vue *supra*, mais prend en compte deux autres paramètres essentiels dans les climats ultramarins que sont l'humidité et la vitesse d'air. Des corrections sont ainsi appliquées à la température opérative pour aboutir à une température dite « ressentie », utilisée pour appréhender le ressenti des occupants par rapport à l'ambiance, et évaluer celle-ci en termes de confort.

4.2.2 Correction liée à l'humidité

L'humidité a un impact sur la sensation thermique des personnes. Si cet impact est faible dans les ambiances dites « modérées » (lorsque la température est inférieure à 26 °C pour une activité modérée), il est plus important pour des températures plus élevées.

Ainsi, dans les conditions de température et d'humidité prévalant à la Guadeloupe, l'impact étant important, il est pris en compte sous la forme (une humidité relative supérieure à 50 % conduit à une augmentation de la température ressentie) :

$$T_{\text{corrigée}} = T_{\text{op}} + 0,06 \cdot \text{MAX}(0 ; (HR - 50))$$

La formule fait intervenir :

HR : l'humidité relative de l'ambiance (en %)

T_{op} : la température opérative correspondant à une humidité de 50 %

4.2.3 Correction liée à la vitesse de l'air

Une augmentation des vitesses de l'air sur la peau accroît son refroidissement par convection et par évaporation de la sueur, et diminue l'influence sur le confort des échanges par rayonnement. L'impact d'une vitesse de 1 m/s sur la température ressentie est estimé à 4 °C.

Pour la vitesse de l'air, on vient donc à nouveau corriger la température corrigée ci-dessus pour introduire une baisse de température ressentie fonction de la vitesse de l'air dans le logement (si elle est supérieure à 0,3 m/s). Celle-ci peut avoir pour origine une vitesse de l'air naturelle (créée par la ventilation naturelle – correction $\Delta T_{\text{vitesse}}$) ou liée à la présence de brasseurs d'air (correction $\Delta T_{\text{brasseurs}}$). La correction est plafonnée à 4 °C.

La correction appliquée retient alors la correction maximale entre celle liée aux brasseurs d'air et celle liée à la ventilation naturelle selon la formule :

$$T_{\text{ressentie}} = T_{\text{corrigée}} - \max(\Delta T_{\text{vitesse}} ; \Delta T_{\text{brasseurs}})$$

FICHES PHÉNOMÈNES

1

La performance thermique

4.2.4 Calcul de l'indicateur

L'indicateur ICT est issu de la comparaison horaire de la température ressentie avec une température seuil fixée à 30 °C. Si la température ressentie est supérieure à 30 °C, l'indicateur est incrémenté de la différence de température. La valeur calculée est alors ramenée à la période d'occupation pour obtenir un dépassement moyen horaire (cf. exemple figure 12).

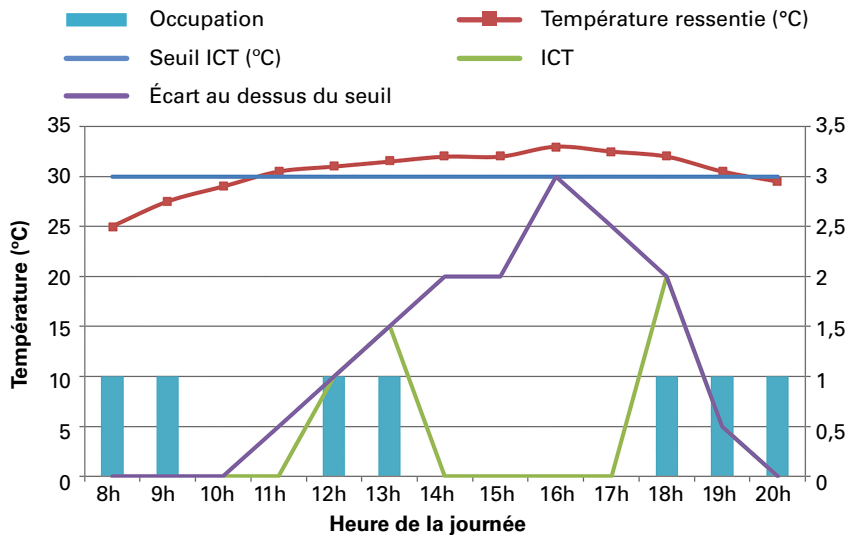


Figure 12 : Exemple de calcul de l'ICT

Le schéma figure 12 permet de représenter le mode de calcul l'ICT. Il faut tout d'abord que l'occupant soit présent (histogramme bleu à 1). L'écart entre la température ressentie (en rouge) et la température seuil (en bleu) est alors calculé. Si cet écart est positif, il est représenté par la courbe violette. Ne sont retenus dans l'ICT que les éléments de la courbe verte (lorsque l'occupant est présent).

Sur cet exemple, l'ICT calculé est alors de :

$$ICT = \frac{1(\text{à } 12h) + 1,5(\text{à } 13h) + 2(\text{à } 18h) + 0,5(\text{à } 19h)}{7(\text{heures d'occupation})} = 0,7 \text{ °C}$$

L'ICT permet donc d'évaluer, pour des bâtiments de même occupation, l'intensité de l'inconfort.

4.3 L'indicateur de besoins énergétiques de refroidissement

Afin de mesurer les besoins de refroidissement induit par les procédés d'enveloppe proposés dans ce guide, on calcule les besoins de refroidissement du bâtiment à l'aide de l'outil RTG V3 (pour plus de détails, consulter [les annexes \(fiche 1\)](#)).

La performance thermique

1

Il convient tout d'abord de bien faire ici la distinction entre besoins de refroidissement et consommations nécessaires pour satisfaire ces besoins. Les secondes sont liées aux premiers par la notion de rendement du système énergétique utilisé pour les satisfaire selon la formule ci-après :

$$C_{froid} = \frac{B_{froid}}{R_{annuel_moyen}}$$

La formule fait intervenir :

- B_{froid} : les besoins énergétiques de refroidissement nécessaires pour respecter une température de consigne exprimés en kWh/m²
- R_{annuel_moyen} : le rendement énergétique annuel moyen du système de refroidissement installé

Les besoins énergétiques sont donc identiques quel que soit le système de refroidissement installé pour les satisfaire. Ils permettent de caractériser la performance énergétique d'une enveloppe.

Pour le présent guide, nous calculons donc les besoins de refroidissement des différents bâtiments recouvrant les besoins sensibles et latents.

Les **besoins sensibles** correspondent aux besoins nécessaires pour atteindre une température de consigne d'air donnée, et ainsi combattre les apports de chaleur internes (éclairage, occupants, etc.) ou externes (solaire, apports par les parois si la température extérieure est supérieure à la température intérieure) conduisant à dépasser cette température de consigne.

Les **besoins latents** correspondent à l'énergie nécessaire à la déshumidification qui se produit sur une batterie froide lors du rafraîchissement de l'air soufflé qui va servir à rafraîchir l'air intérieur. La part des besoins latents peut être très importante compte tenu des températures extérieures élevées.

FICHES PHÉNOMÈNES

2

L'impact de l'humidité

1. Généralités

Le bâtiment est le siège de nombreuses interactions avec l'eau. Les parois du bâtiment sont globalement toujours en contact avec l'eau sous sa forme vapeur ou liquide. La présence d'eau dans les parois d'un bâtiment peut avoir de nombreuses origines :

- les remontées capillaires ;
- la pluie ;
- la vapeur d'eau émise dans les pièces humides (cuisine, douche, etc.) ou par les occupants (respiration) ;
- les sources d'eau accidentelles (liées à des fuites dans les réseaux) ;
- les fuites d'air et les ponts thermiques ;
- l'eau contenue dans les matériaux.

La figure 1 montre les principaux phénomènes conduisant aux transferts hygrothermiques.

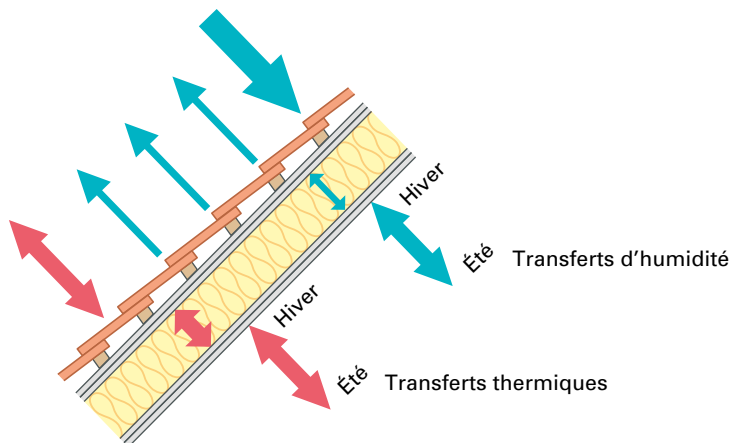


Figure 1 : Transferts hygrothermiques à travers une paroi

La plupart des matériaux utilisés dans la construction des bâtiments sont des matériaux poreux dont une partie sinon la totalité des pores sont interconnectés, les rendant perméables à la vapeur d'eau. Par ailleurs, certains matériaux sont hygroscopiques, c'est-à-dire qu'ils sont aptes à fixer l'humidité, ce qui peut induire des modifications de leurs caractéristiques physiques, notamment mécaniques et thermiques. À titre d'exemple, l'humidité captée peut augmenter la conductivité thermique des matériaux isolants (cf. ordres de grandeurs indiqués dans la fiche « [Paramètres clés spécifiques à la Guadeloupe](#) »). Il est alors nécessaire de contrôler les transferts d'humidité afin de limiter la dégradation des matériaux pouvant entraîner, d'une part, une fragilisation structurelle et, d'autre part, un affaiblissement de leurs propriétés physiques.

Les dégradations structurelles ne sont pas les seuls phénomènes à craindre, un autre facteur doit être pris en compte : le niveau de confort des occupants et les risques sanitaires induits.

L'impact de l'humidité

2

En effet, un excès ou un manque d'eau peut être la cause d'un inconfort plus ou moins sensible pour les occupants.

Concernant les risques sanitaires, les symptômes les plus couramment rencontrés sont des réactions allergiques provenant des moisissures qui prolifèrent dans certaines conditions en présence de condensation à la surface ou à l'intérieur des matériaux.

Il faut donc se préoccuper de ces phénomènes tant pour l'occupant que pour la pérennité du patrimoine immobilier. Il est important de déterminer où et quand des risques liés à l'humidité sont à craindre pour mieux les prévenir. La gestion de l'eau doit donc être prise en compte dès la conception des bâtiments neufs pour réduire les risques de désordres ultérieurs et pour préserver le bâti lors d'une réhabilitation.

2. Description des phénomènes clés

2.1 Phénomènes climatiques extérieurs impactant les risques liés à l'humidité

Le climat extérieur joue un rôle clé dans le comportement hydrique de la paroi. En plus de la température et de l'hygrométrie de l'air extérieur, le rayonnement solaire, la pluie et les remontées d'eau contenue dans le sol sont des paramètres à prendre en compte.

Le rayonnement solaire favorise le séchage de la paroi. Il peut créer des gradients de pression partielle en direction du cœur de la paroi. Son impact est fonction de l'orientation et de la situation de la paroi.

Des études ont été réalisées avec les conditions climatiques extérieures de la métropole. Mais les conditions météorologiques, notamment la température et les quantités d'eau dans l'air, des départements d'outre-mer sont en général plus sévères qu'en métropole.

Dans les constructions, le processus physique de capillarité s'exerce de façon naturelle, continue et spontanée de sorte que l'interface sol-pierre et les assises des soubassements correspondent à un horizon où règne un état permanent de saturation partielle en eau. Les fluctuations du climat (pluie, variations saisonnières des nappes, condensation, etc.) alliées à des phénomènes d'alimentation en eau des pierres dus à l'architecture (rejaillissement, fuites, etc.) participent à accroître l'humidité dans les maçonneries. Ces sources d'eau ont des conséquences très importantes sur les constructions car elles ne sont jamais chimiquement pures : elles correspondent à des solutions enrichies en sels minéraux et en matières organiques diverses. En fonction des propriétés capillaires et de la structure de la porosité des substrats considérés, les solutions qui percolent peuvent générer des altérations irréversibles (dissolution, pulvérulences, desquamations, etc.).

L'eau de pluie qui arrive sur un bâtiment est généralement évacuée en grande partie par la toiture. Mais une partie de cette pluie peut atteindre les parois verticales. Suivant leur exposition aux vents dominants et suivant la force des vents, les parois reçoivent de l'eau de pluie directement poussée par le vent.

FICHES PHÉNOMÈNES

2

L'impact de l'humidité

En partie basse des bâtiments, elles peuvent être au contact de l'eau de pluie par ruissellement et par projection. Ces différents phénomènes accroissent la quantité d'eau qui transite par les parois. Les quantités d'eau doivent être évacuées sous peine d'augmenter le taux d'humidité et la teneur en eau des constituants des murs puis de l'air ambiant.

2.2 Production intérieure de vapeur d'eau

Les occupants produisent de la vapeur d'eau par leur métabolisme et leurs activités. Le niveau de production varie selon qu'il s'agit d'un adulte ou d'un enfant, si la personne est éveillée ou endormie et selon l'activité pratiquée.

Une classe est attribuée à chaque local en fonction de son exposition à l'humidité intérieure. La classe d'un local doit être considérée lors de sa conception car il faut que les parements intérieurs soient conçus pour résister aux sollicitations hydriques.

2.3 Phénomènes de transfert dans les parois

Le transport de la vapeur d'eau dans un milieu se fait par diffusion sous gradient de pression partielle de vapeur d'eau. Le flux de vapeur est proportionnel au gradient de pression de vapeur et à la perméabilité à la vapeur. Cette dernière caractérise le matériau vis-à-vis des transferts de vapeur par diffusion et constitue une propriété indispensable pour évaluer le comportement hygrothermique de l'enveloppe.

Le déplacement d'eau liquide dans l'enveloppe se fait par capillarité.

3. Climat extérieur

À la Guadeloupe, les relevés météorologiques se font à l'aéroport de Pointe-à-Pitre Le Raizet. Ce lieu est situé au centre de l'île et est proche de l'océan.

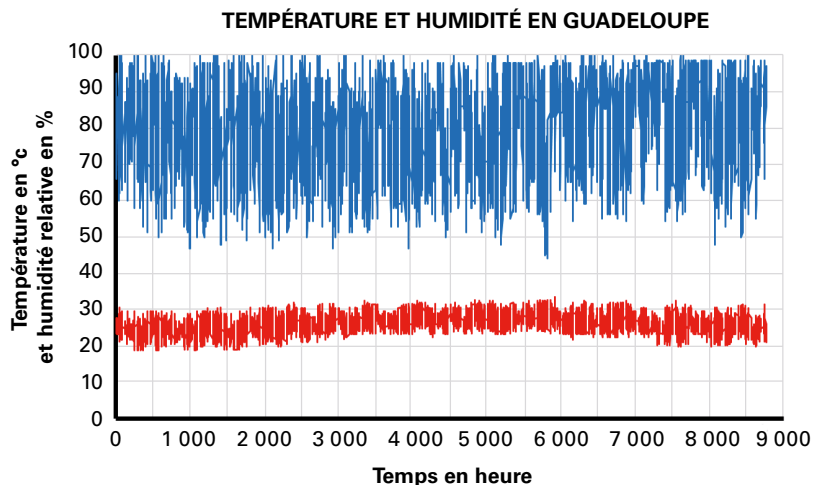


Figure 2 : Température et humidité à Pointe-à-Pitre

L'impact de l'humidité

2

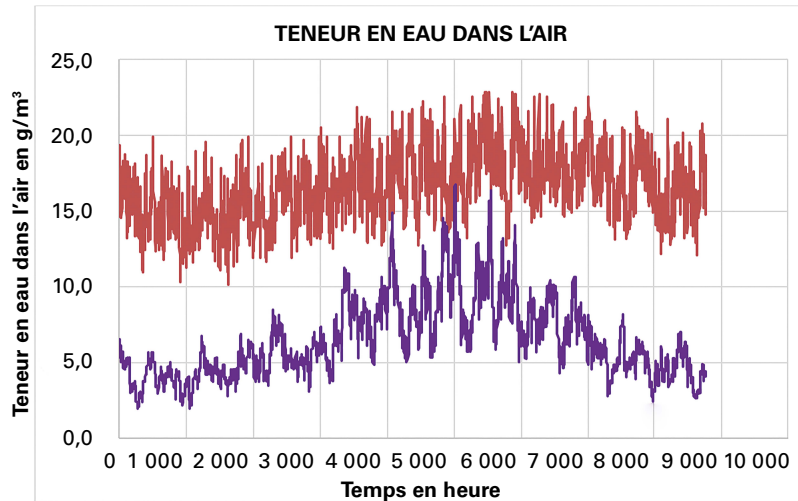


Figure 3 : Comparaison de la teneur en eau dans l'air en métropole et à la Guadeloupe

D'une manière générale, les différents climats des départements ultramarins ont des températures mais surtout des teneurs en eau dans l'air nettement supérieures à celles observées en métropole.

Il est très important de tenir compte du climat extérieur lors des estimations des risques liés à l'humidité dans les parois de bâtiments.

À la Guadeloupe, la température maximale est d'environ 33 °C et la minimale d'environ 19 °C avec une moyenne de 26 °C. L'humidité relative maximale est de 100 % HR et la minimale de 44 % HR avec une moyenne de 80 % HR, ce qui montre que l'humidité est assez élevée toute l'année.

L'ensoleillement est également conséquent. La courbe figure 4 montre l'évolution de l'ensoleillement au cours d'une année à Pointe-à-Pitre.

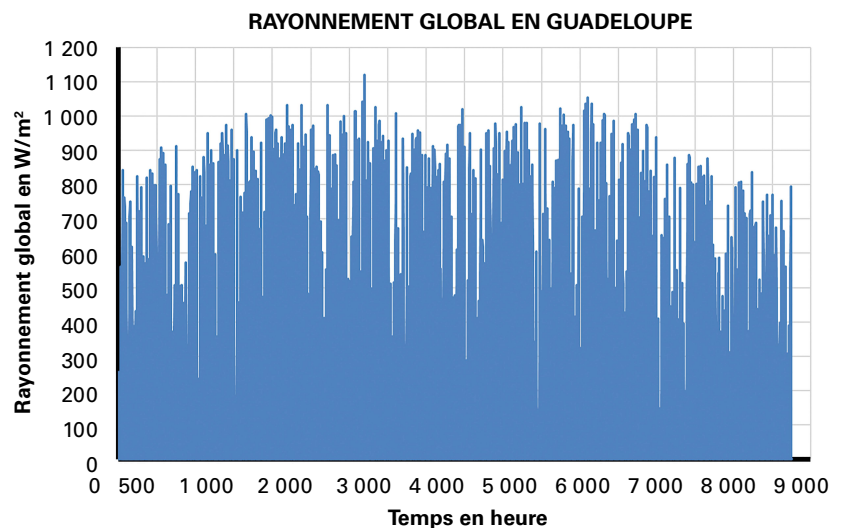


Figure 4 : Rayonnement global à Pointe-à-Pitre

FICHES PHÉNOMÈNES

2

L'impact de l'humidité

La pluviométrie heure par heure est indiquée figure 5.

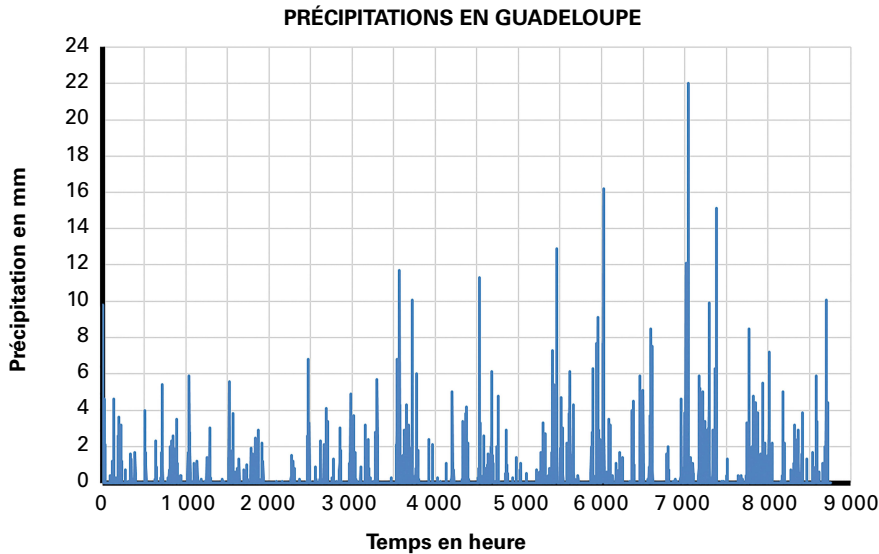


Figure 5 : Précipitations à Pointe-à-Pitre

4. Climat intérieur

L'ambiance intérieure se décline en deux catégories :

- sans climatisation ;
- avec climatisation.

4.1 Sans climatisation

La quantité d'eau à ajouter à la teneur en eau dans l'air qui vient de l'extérieur correspond à la quantité produite à l'intérieur du local à laquelle il faut retirer la quantité de vapeur d'eau extraite par la ventilation.

C'est cette quantité d'eau à rajouter qui est très importante car c'est elle qui crée la différence de pression de vapeur d'eau soumise à une paroi. Le transfert de vapeur d'eau est directement lié à cette différence de pression, ce qui implique que, dans ce cas, la vapeur d'eau va en moyenne diffuser de l'intérieur vers l'extérieur.

Si le local est fortement ventilé ou aéré, cette différence de pression de vapeur d'eau sera faible et les conséquences sur les risques liés à l'humidité seront minimisés.

Cependant, si le local est faiblement ventilé et mal aéré, les risques seront plus importants.

L'impact de l'humidité

2

4.2 Avec climatisation

Dans le cas d'une climatisation, il existe deux sous-catégories :

- les rafraîchisseurs ;
- les climatiseurs.

4.2.1 Les rafraîchisseurs

Les rafraîchisseurs ne font que refroidir l'air, qu'il vienne de l'extérieur ou de l'intérieur de l'habitat.

Dans les rafraîchisseurs, l'air est refroidi jusqu'à une température qui dépend de la température de consigne ou de la température extérieure. Lors de ce refroidissement, une partie plus ou moins importante est condensée dans l'appareil et l'air est expulsé dans le local à une température en général plus basse que la température de consigne. La teneur en eau dans l'air soufflé dans le local dépendra de la température de refroidissement car l'air sera la plupart du temps à saturation à cette température.

4.2.2 Les climatiseurs

Les climatiseurs permettent de réguler la température mais aussi l'humidité relative. Dans ce cas, la température et l'humidité relative de l'air soufflé dans le local sont celles définies par l'utilisateur.

À la Guadeloupe, cependant, qu'il s'agisse d'un rafraîchisseur ou d'un climatiseur, la quantité d'eau contenue dans l'air intérieur est généralement inférieure à celle de l'air extérieur, ce qui a pour conséquence importante d'inverser le flux de vapeur de l'extérieur vers l'intérieur.

5. Impacts de la teneur en eau sur les matériaux

Le comportement des matériaux qui constituent les parois de bâtiment varie vis-à-vis de l'humidité suivant la nature du produit.

De plus, la disposition des produits dans la paroi influe sur le comportement d'ensemble qui peut être totalement différent même avec des produits identiques. Ainsi, un pare-vapeur placé à l'intérieur ou à l'extérieur n'a pas la même incidence sur les transferts hygrothermiques.

Les caractéristiques des matériaux sont également différentes entre une application en métropole et une application à la Guadeloupe.

La teneur en eau dans l'air à la Guadeloupe est nettement plus importante qu'en métropole. Les produits dans les parois ont également une teneur en eau supérieure. La limite de la teneur en eau en masse de 23 % dans les matériaux hygroscopiques est atteinte plus facilement. Les risques de développement fongique sont donc accentués par rapport à une utilisation de ces produits en métropole.

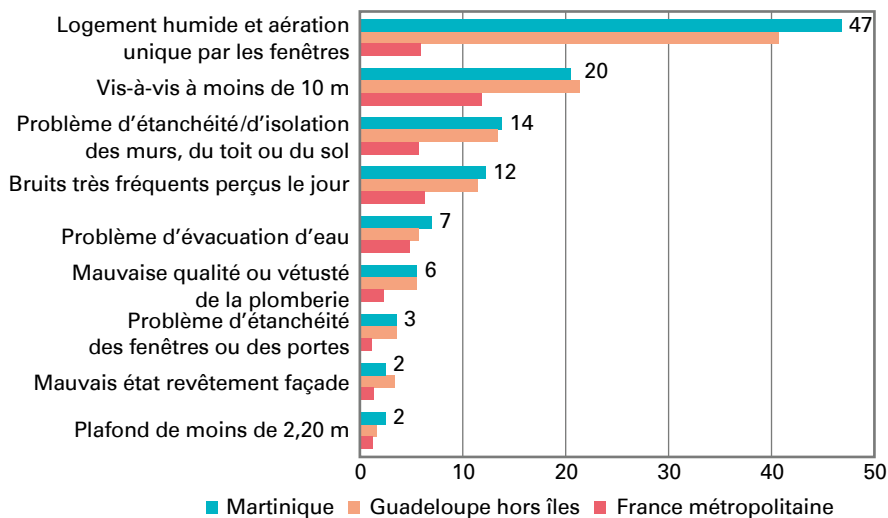
FICHES PHÉNOMÈNES

2

L'impact de l'humidité

Cette quantité d'eau contenue dans les produits peut également conduire à des développements fongiques plus importants comme le montre une étude publiée par l'INSEE en mai 2017 sur le logement à la Martinique. Plus de 40 % des logements à la Martinique et à la Guadeloupe sont considérés comme humides.

Part des logements comportant des «défauts graves» par type de défaut (en %)



Lecture: pour la France hexagonale, les bruits perçus le jour sont fenêtres fermées (non précisé pour les DOM), les problèmes d'évacuation d'eau ont eu lieu dans les trois derniers mois (douze derniers mois pour les DOM).

Champ: ensemble des résidences principales.

Source: Enquête logement 2013.

Figure 6 : Illustration de la part importante des logements comportant des défauts graves liés à l'humidité

6. Impacts de l'humidité ambiante sur les procédés de construction

En métropole, et quand il est préconisé dans les règles de l'art, le pare-vapeur est placé du côté intérieur du local car la pression de vapeur en hiver est plus importante à l'intérieur du local. Les températures et l'humidité relative extérieures dans les départements d'outre-mer sont différentes et le sens du flux de vapeur est nettement plus variable qu'en métropole.

C'est pourquoi la position optimale d'un pare-vapeur est beaucoup plus délicate à déterminer dans ces départements qu'en métropole.

6.1 Locaux climatisés ou rafraîchis

Si la paroi est conçue pour être mise en œuvre dans des bâtiments climatisés (avec un rafraîchisseur ou un climatiseur), il est préférable de ne pas installer de pare-vapeur côté intérieur, plutôt de le positionner du côté extérieur.

L'impact de l'humidité

2

Une partie de l'humidité contenue dans l'air est condensée dans l'appareil de climatisation. La teneur en eau de l'air intérieur doit être inférieure à celle de l'air extérieur. Les parois subissent un transfert de vapeur d'eau de l'extérieur vers l'intérieur (inverse du sens de transfert l'hiver en métropole).

6.2 Locaux non climatisés

Si la paroi est conçue pour être mise en œuvre uniquement dans des bâtiments non climatisés, il est préférable de ne pas mettre de pare-vapeur. Dans ce cas, il vaut mieux ventiler fortement les locaux pour évacuer toute production d'humidité interne et limiter les risques qui y sont liés. Ainsi, la teneur en eau dans l'air du local sera identique à celle de l'air extérieur. Il n'y aura pas de différence de pression de vapeur entre les faces de la paroi, donc il n'y aura pas de transferts d'humidité (ou ils seront nettement diminués).

Les différents matériaux utilisés dans les parois de bâtiment auront une teneur en eau moyenne forte et en équilibre avec une ambiance de 80 % HR sans vraiment de possibilité de sécher. La tenue aux développements fongique des matériaux à base de fibre végétale ou animale, appelés « matériaux biosourcés », devra être vérifiée dans leurs conditions en œuvre.

De manière générale et sur ce point précis de transfert d'humidité, les règles de l'art usuelles en métropole ne sont pas forcément adaptées au climat de la Guadeloupe ni aux modes de construction rencontrés. Il est dès lors recommandé de réaliser une **évaluation de l'aptitude à l'emploi spécifique** (fiche « [L'évaluation technique](#) » de la Partie 3), alimentée en amont notamment par une **étude de risque de condensation adaptée** [Partie 6 « Le CSTB vous accompagne dans votre projet d'innovation »](#), en particulier :

- si le domaine d'emploi revendiqué vise les bâtiments climatisés (avec un rafraîchisseur ou un climatiseur) ;
- si le procédé de construction intègre des matériaux biosourcés.

PARTIE 2
Procédés de construction

La fiche focus d'un procédé de couverture, mur ou bardage, comprend une description du procédé de construction, de sa performance thermique et des pistes d'amélioration de cette dernière avec des alertes sur la durabilité et les risques de pathologie.

La performance thermique est représentée par des cartographies en couleur exprimant l'indice de confort thermique ICT ou le besoin énergétique de refroidissement B_{froid} dans un plan dont l'axe des abscisses est le coefficient de transmission thermique surfacique U_p et celui des ordonnées le facteur solaire des parois opaques S_p .

Ces cartographies en été établies en faisant varier U_p et S_p de murs et de toitures pour des géométries de bâtiments représentatives à la Guadeloupe (maison individuelle, logement collectif et bureau).

L'indice de confort thermique ICT est exprimé en écart de température au-dessus de la température seuil de confort ressentie (surchauffe) en moyenne sur la durée d'occupation.

Le besoin énergétique de refroidissement est exprimé ici en pourcentage % d'augmentation ou de diminution par rapport à un besoin moyen du bâtiment étudié.

La cartographie de l'ICT pour une couverture apparente d'un logement collectif est présentée figure 1. La zone grisée représente les couples de valeurs (U_p, S_p) possibles pour ce procédé de construction en fonction de ses différentes caractéristiques techniques (coefficient d'absorption énergétique α_e du revêtement extérieur, isolation thermique, émissivité du revêtement intérieur, lame d'air ventilée, etc.).

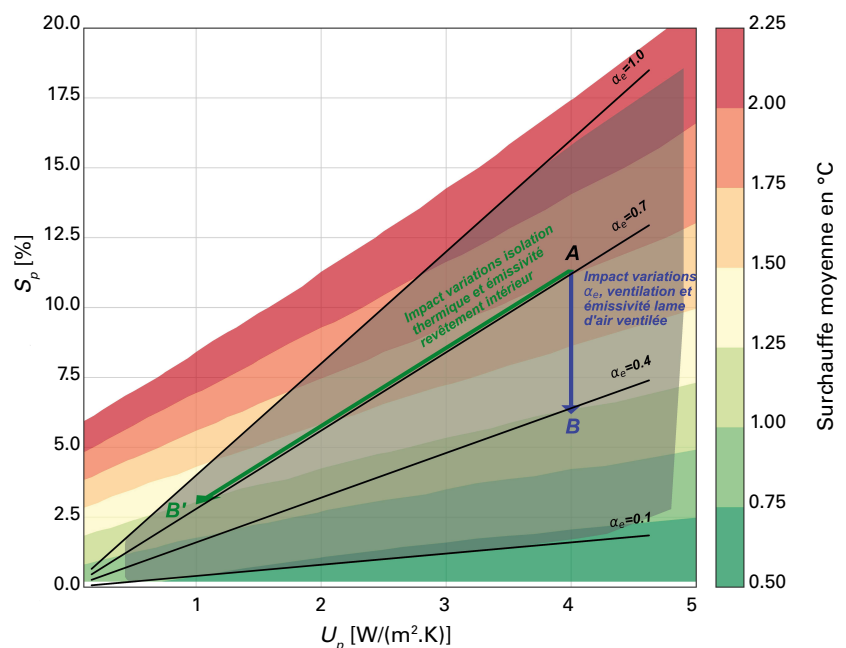


Figure 1 : Cartographie du confort thermique en logement collectif pour un procédé

Nous allons voir, à l'aide d'un exemple, comment se servir de ce graphique dans le cas d'une couverture en tôle avec isolant, de faible résistance thermique $R_{\text{isol}} = 0,05 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$, collé en sous face et un revêtement extérieur dont le coefficient d'absorption énergétique $\alpha_e = 0,7$. Ce procédé constructif se trouve sur le graphique au point A $[U_p = 3,9 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}) ; S_p = 11,3 \text{ \%}]$.

Pour une utilisation de la couverture en logements collectifs la température ressentie serait en moyenne 1,75 °C plus haute que la température de confort seuil (figure 1). Pour améliorer le confort thermique et abaisser la surchauffe à niveau inférieur à 1,25 °C, on peut intervenir sur plusieurs paramètres clés. Par exemple, en changeant le revêtement extérieur pour abaisser α_e à 0,4 – point B [$U_p = 3,9 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$; $S_p = 6,3 \%$] ou en abaissant U_p à $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ – point B' [$U_p = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$; $S_p = 3,0 \%$]. Pour atteindre ce dernier point on peut augmenter la résistance thermique de l'isolant et/ou baisser l'émissivité du revêtement intérieur (ex : [$\varepsilon_i = 0,9$; $R_{\text{isol}} = 0,8 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$] ou [$\varepsilon_i = 0,1$; $R_{\text{isol}} = 0,2 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$]).

Dans certains cas, les changements apportés pour améliorer le confort thermique peuvent être contradictoires avec le besoin de froid. Dans cet exemple, une augmentation de résistance thermique sans changement d'absorption énergétique de la toiture (passage du point A au point B') conduit à une augmentation du besoin de froid (cf. figure 2). Il faut néanmoins relativiser ce dernier point et accorder plus de poids au confort thermique en logement collectif car le besoin de froid y est faible.

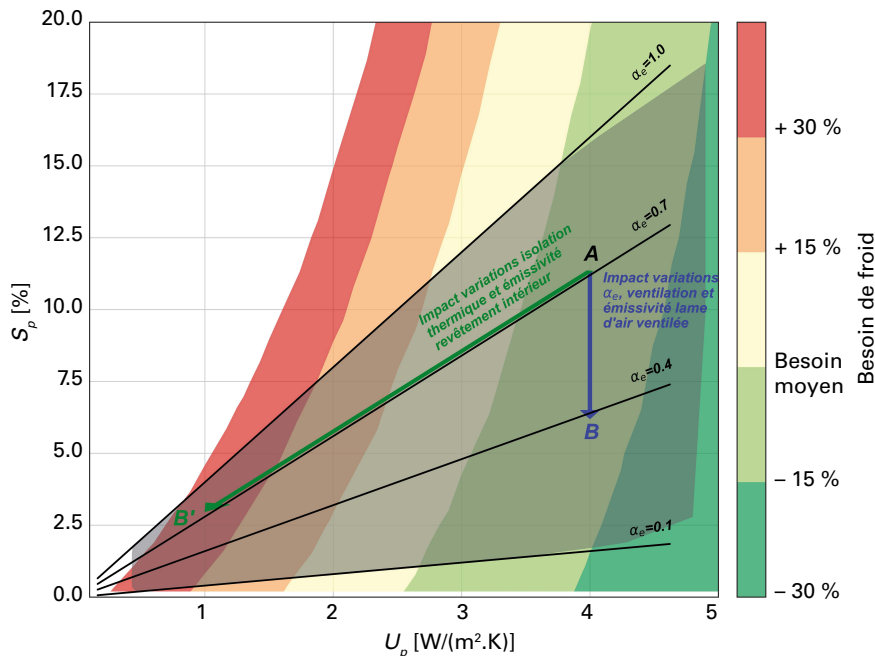


Figure 2 : Cartographie du besoin de froid en logement collectif pour un procédé

Quelle que soit la solution retenue, il faut s'assurer de la durabilité dans le temps des paramètres clés qui pourraient pâtir de phénomènes comme l'encrassement ou la corrosion (cf. § 1 et 2 fiche « Absorption solaire et émissivité »).

D'une manière générale, les variations de α_e et des paramètres de ventilation (dans le cas d'une couverture ventilée ou un bardage ventilé) impactent seulement le facteur solaire S_p , le coefficient de transmission thermique U_p restant constant (ex. : évolution du point A vers le point B figure 2 supra). A contrario, les variations de la résistance thermique de l'isolation thermique et de l'émissivité du revêtement interne impliquent une évolution de S_p en fonction de U_p selon une courbe (ex. : évolution du point A vers B' figure 2 supra).

Couverture métallique apparente

1

1. Descriptif

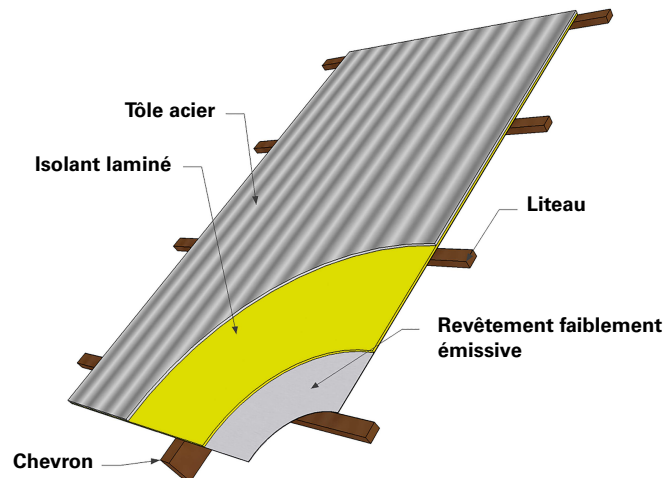


Figure 1 : Couverture métallique en tôle ondulée avec isolant laminé en sous-face et revêtement intérieur aluminisé

Toiture inclinée en tôle acier ondulée ou nervurée, fixée sur la charpente. Un isolant très mince (de 3 à 10 mm) peut être directement collé sur la face interne et éventuellement être muni d'un revêtement faiblement émissif, le plus souvent en feuilles d'aluminium ou en film plastique aluminisé.

2. Performances thermiques

La performance thermique est représentée ci-après par des cartographies en couleur exprimant l'indice de confort thermique ICT ou le besoin énergétique de refroidissement (besoin de froid) dans un plan dont l'axe des abscisses est le coefficient de transmission thermique surfacique U_p et celui des ordonnées le facteur solaire des parois opaques S_p .

L'indice de confort thermique ICT est exprimé en écart de température au-dessus de la température de confort ressentie (surchauffe) en moyenne sur la durée d'occupation.

Le besoin énergétique de refroidissement est exprimé ici en pourcentage d'augmentation ou de diminution par rapport à un besoin moyen du bâtiment étudié : [voir principes de lecture décrits en introduction de la Partie 2.](#)

FICHES PROCÉDÉS

1

Couverture métallique apparente

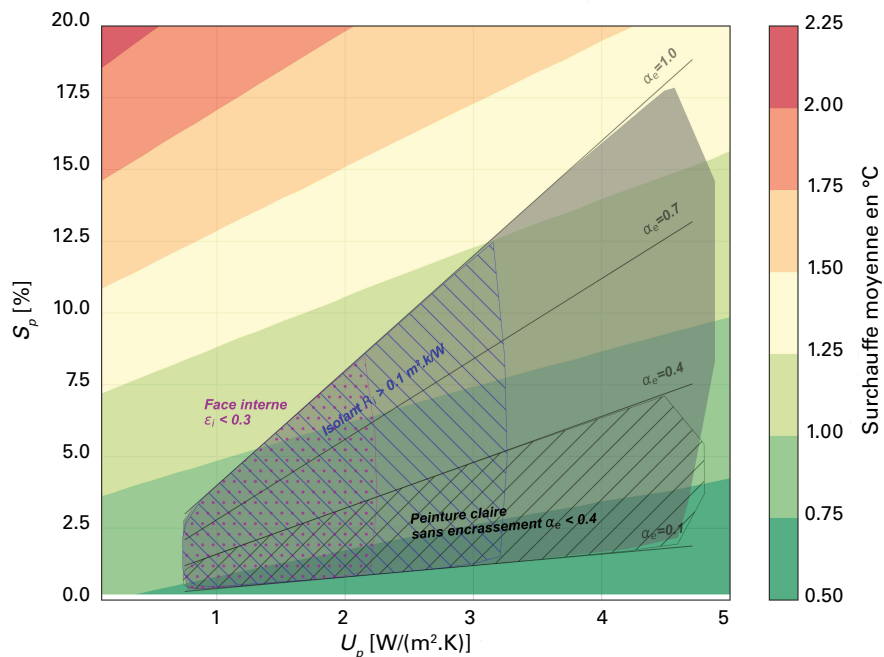


Figure 2 : Couverture métallique apparente.
Cartographie du confort thermique en maison individuelle

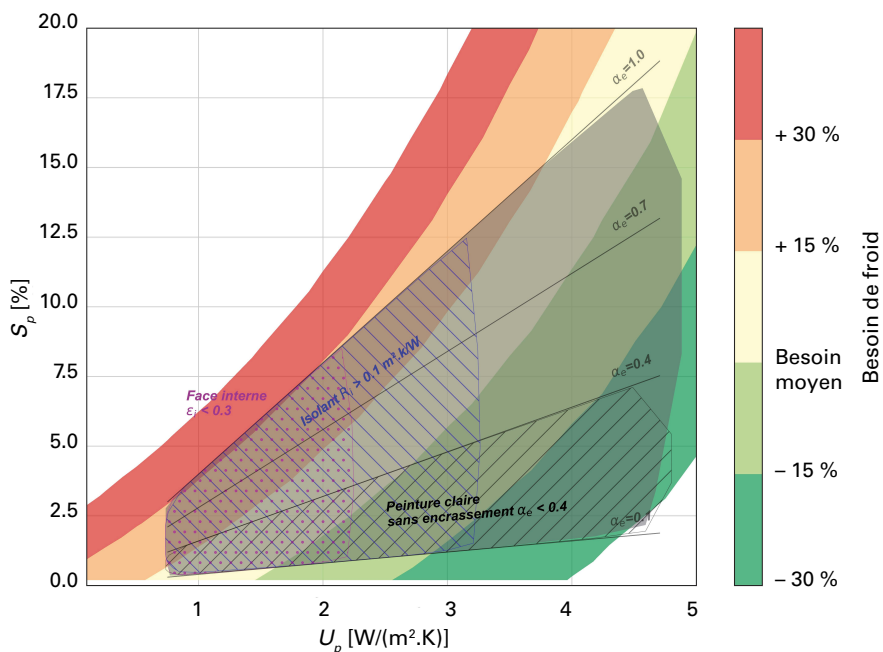


Figure 3 : Couverture métallique apparente.
Cartographie du besoin de froid en maison individuelle

Couverture métallique apparente

1

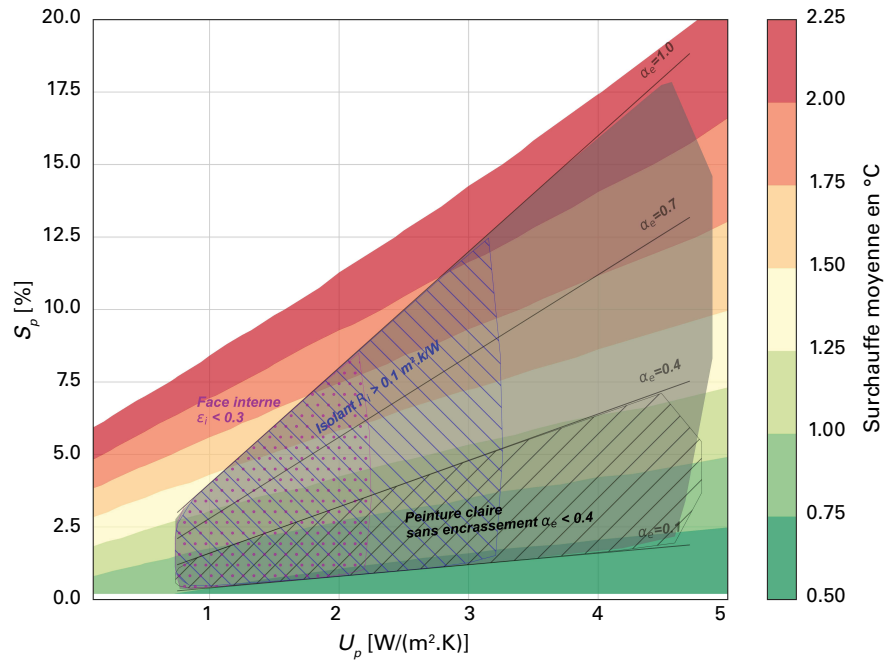


Figure 4 : Couverture métallique apparente. Cartographie du confort thermique en logement collectif.

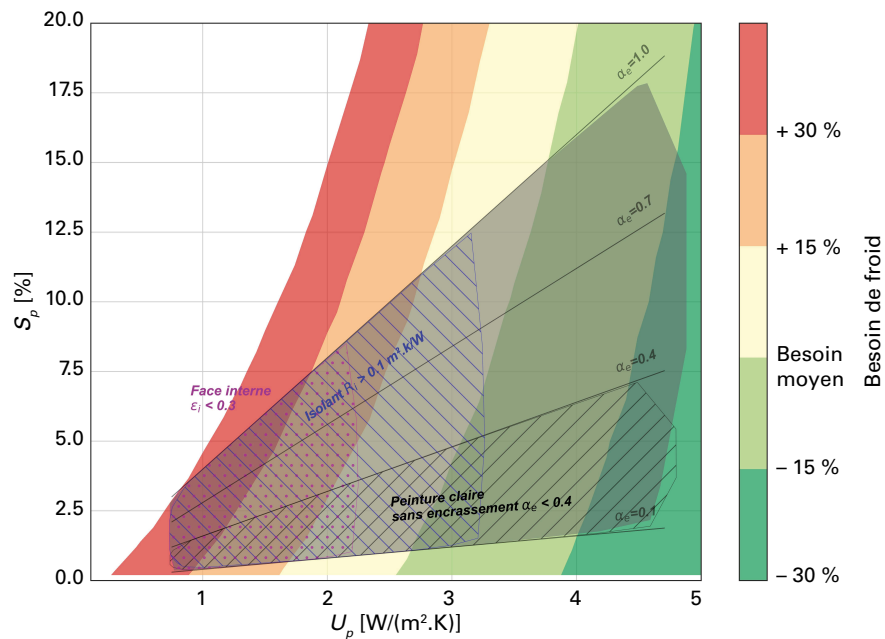


Figure 5 : Couverture métallique apparente. Cartographie du besoin de froid en logement collectif

FICHES PROCÉDÉS

1

Couverture métallique apparente

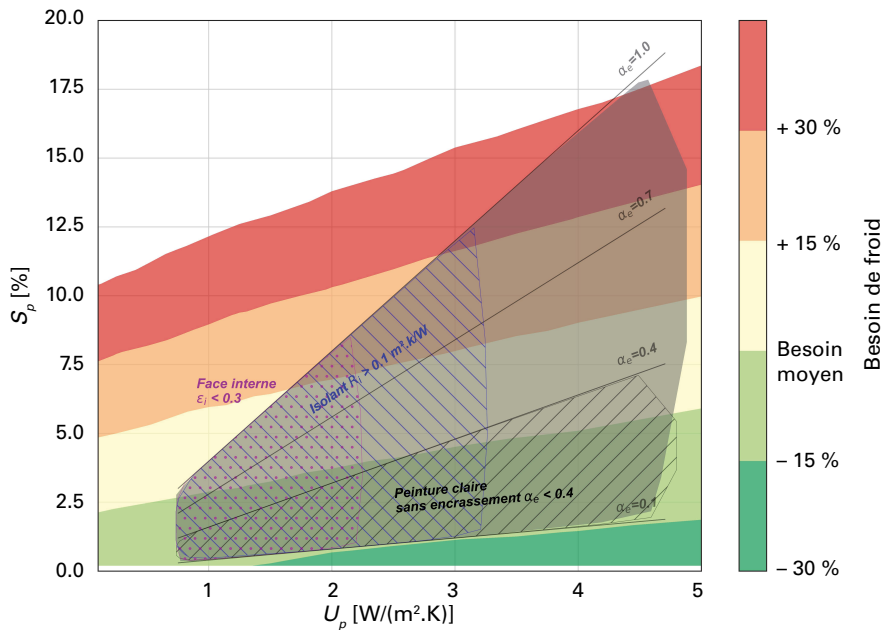


Figure 6 : Couverture métallique apparente. Cartographie du besoin de froid en bureau

3. Levier d'amélioration de la performance thermique

3.1 Paramètres clés de la performance thermique

Les trois paramètres les plus impactants sont :

- la résistance thermique utile de l'isolant R_i ;
- l'émissivité de la face apparente intérieure ε_i ;
- le coefficient d'absorption énergétique extérieure utile $\alpha_{e,u}$ de la couverture métallique.

3.2 Verrous technologiques

La diminution du coefficient d'absorption énergétique extérieur de la couverture métallique est limitée dans le temps par les questions relatives à sa durabilité. Il en est de même pour l'émissivité de la couche apparente sur la face interne. Des justificatifs techniques devraient donc être produits en ce sens.

La tenue mécanique de la fixation sous les effets du vent peut être impactée par l'augmentation de l'épaisseur de l'isolant intercalé entre la couverture et la charpente.

Couverture métallique apparente

1

3.3 Pistes de R&D possibles

Tableau 1 : Leviers d'amélioration

Paramètres clés	Leviers	Verrous technologiques	Renvoi
Coefficient de transmission thermique U_p	Diminution de la conductivité thermique de l'isolant	-	-
	Augmentation de l'épaisseur de l'isolant	Tenue mécanique à justifier (cyclone, séisme) Sécurité incendie (apport de masse combustible) selon la nature de l'isolant en particulier lorsque ce dernier est apparent (sans plaques de plâtre)	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
	Utilisation de revêtements faiblement émissifs (réfléchissants) sur la face apparente intérieure	Justification de la durabilité et de la limitation de l'encrassement de ce revêtement	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
Coefficient d'absorption α_e	Utilisation de revêtements à faible absorption (teintes claires ou avec forte réflexion dans infrarouges proches)	Justification de la durabilité et de la limitation de l'encrassement de ce revêtement	Fiche « Durabilité des paramètres clés » (Partie 5)

4. Durabilité

La durabilité de la résistance thermique de l'isolant dépend essentiellement des cycles chaleur et humidité rencontrés localement. Par ailleurs, ces cycles peuvent avoir une incidence sur l'adhérence du produit réfléchissant à la tôle.

La durabilité du coefficient d'absorption énergétique des revêtements de toiture métallique dépend de la capacité du revêtement à conserver cette propriété dans le temps du fait des diverses agressions climatiques spécifiques, notamment :

- chaleur, humidité, chocs thermiques et UV ;
- corrosion ;
- encrassement.

La durabilité de la faible émissivité sur la face interne peut être impactée par des phénomènes de corrosion.

La justification de la durabilité de tous les paramètres clés se fait par des méthodes expérimentales définies dans les [fiches « Durabilité » Partie 5](#).

FICHES PROCÉDÉS

1

Couverture métallique apparente

5. Limiter les risques de pathologies dues à l'humidité

Ce type de couverture aura un comportement différent vis-à-vis de l'humidité suivant le type et la nature des matériaux employés.

Le type de revêtement intérieur va pouvoir freiner plus ou moins les transferts d'humidité provenant de l'intérieur de l'habitat suivant sa nature. L'isolant recevra plus ou moins de vapeur d'eau provenant de l'intérieur du logement.

Pour la partie extérieure de ce procédé, la tôle est très résistante aux transferts d'humidité. L'humidité provenant de l'intérieur du local sera bloquée par elle. Il est ainsi recommandé que le revêtement intérieur soit résistant aux transferts d'humidité pour limiter les risques de dégradation.

Sans climatisation intérieure, ces systèmes de toiture isolée sont soumis à des températures et des humidités relatives intérieures et extérieures assez proches. Le flux de vapeur peut transiter à travers la paroi aussi bien dans un sens que dans l'autre.

Il faut limiter les produits hygrosensibles car les humidités relatives et les teneurs en eau dans l'air et dans la paroi sont importantes. Pour un isolant biosourcé ou pour du bois, le risque de développement fongique est considérable. Il est recommandé d'utiliser des produits ne permettant pas de développement fongique à 95 % HR.

Lorsqu'une climatisation est activée dans un local, la température intérieure sera fortement abaissée. Le parement intérieur peut se charger en humidité et créer des condensations. Pour éviter les condensations, il faut que le climatiseur régule la température mais également l'humidité relative afin que celle-ci ne soit pas trop élevée.

Couverture métallique ventilée avec isolant épais et panneaux sandwichs métalliques de couverture

2

1. Descriptif

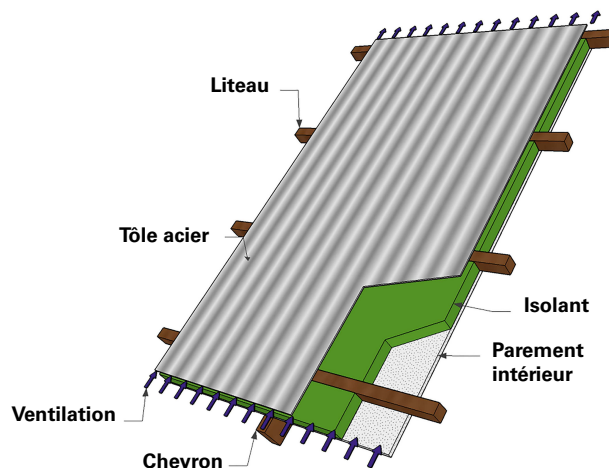


Figure 1 : Couverture métallique ventilée avec isolant épais

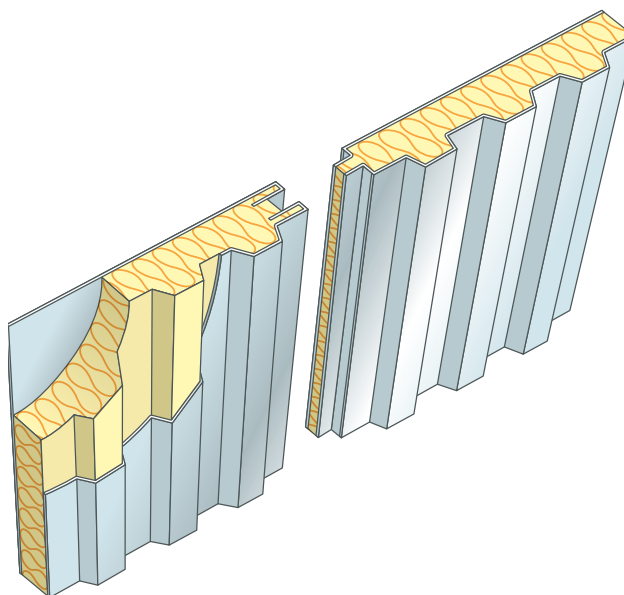


Figure 2 : Panneaux sandwichs de couverture

1.1 Couverture métallique ventilée avec isolant épais

Il s'agit d'une couverture métallique ventilée en sous-face mise en œuvre sur des liteaux. Un isolant thermique est inséré entre les liteaux, son épaisseur correspond à celle des liteaux. Le parement intérieur est directement en contact avec l'isolant.

FICHES PROCÉDÉS

2

Couverture métallique ventilée avec isolant épais et panneaux sandwichs métalliques de couverture

En résidentiel, l'épaisseur typique des liteaux est de 50 mm. L'isolant thermique actuellement le plus utilisé dans cette typologie est du PSE blanc. La section de ventilation est assurée à ce jour par les cavités sous les ondes de la couverture métallique.

1.2 Panneaux sandwichs métalliques

Ce sont des panneaux de grandes dimensions s'assemblant par emboîtement et fixés sur une structure portante. Chaque panneau est constitué de deux parements métalliques fins et d'une âme en matériau isolant rigide, le plus souvent de la mousse rigide de polyuréthane ou de la laine de roche.

2. Performances thermiques

La performance thermique est représentée ci-après par des cartographies en couleur exprimant l'indice de confort thermique ICT ou le besoin énergétique de refroidissement (besoin de froid) dans un plan dont l'axe des abscisses est le coefficient de transmission thermique surfacique U_p et celui des ordonnées le facteur solaire des parois opaques S_p .

L'indice de confort thermique ICT est exprimé en écart de température au-dessus de la température de confort ressentie (surchauffe) en moyenne sur la durée d'occupation.

Le besoin énergétique de refroidissement est exprimé ici en pourcentage % d'augmentation ou de diminution par rapport à un besoin moyen du bâtiment étudié : voir les [principes de lecture décrits en introduction de la Partie 2](#).

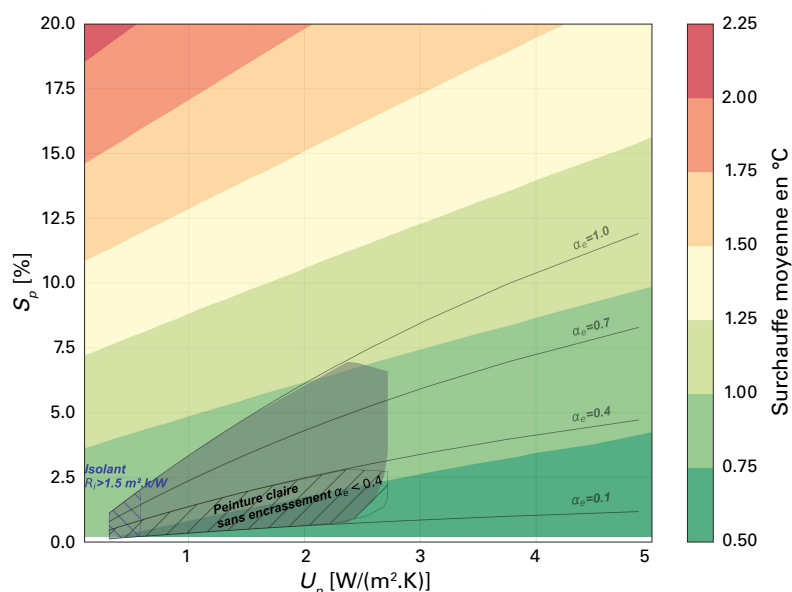


Figure 3 : Couverture métallique ventilée intégrant un isolant épais et panneaux sandwichs métalliques de couverture. Cartographie du confort thermique en maison individuelle

Couverture métallique ventilée avec isolant épais et panneaux sandwichs métalliques de couverture

2

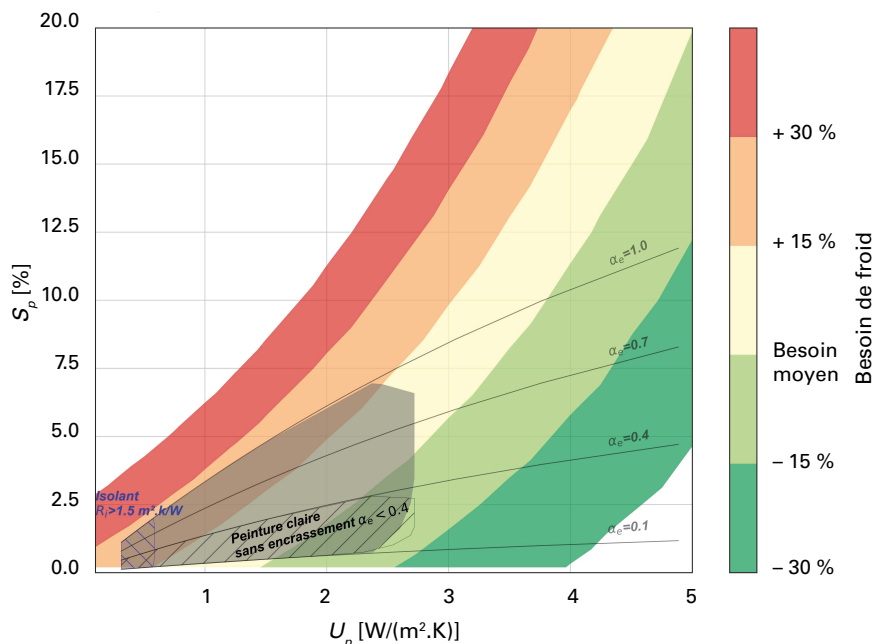


Figure 4 : Couverture métallique ventilée intégrant un isolant épais et panneaux sandwichs métalliques de couverture. Cartographie du besoin de froid en maison individuelle

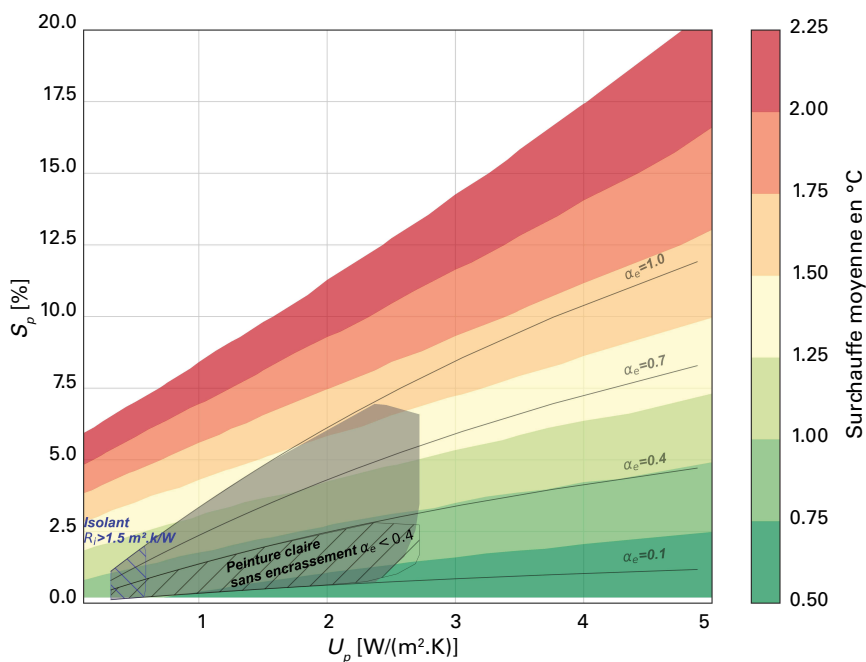


Figure 5 : Couverture métallique ventilée intégrant un isolant épais et panneaux sandwichs métalliques de couverture. Cartographie du confort thermique en logement collectif

FICHES PROCÉDÉS

2

Couverture métallique ventilée avec isolant épais et panneaux sandwichs métalliques de couverture

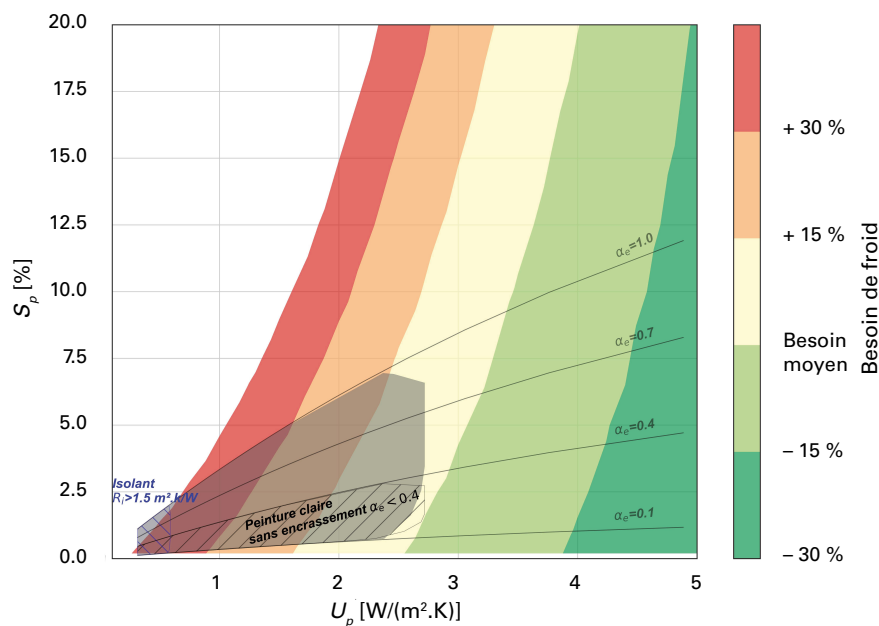


Figure 6 : Couverture métallique ventilée intégrant un isolant épais et panneaux sandwichs métalliques de couverture. Cartographie du besoin de froid en logement collectif

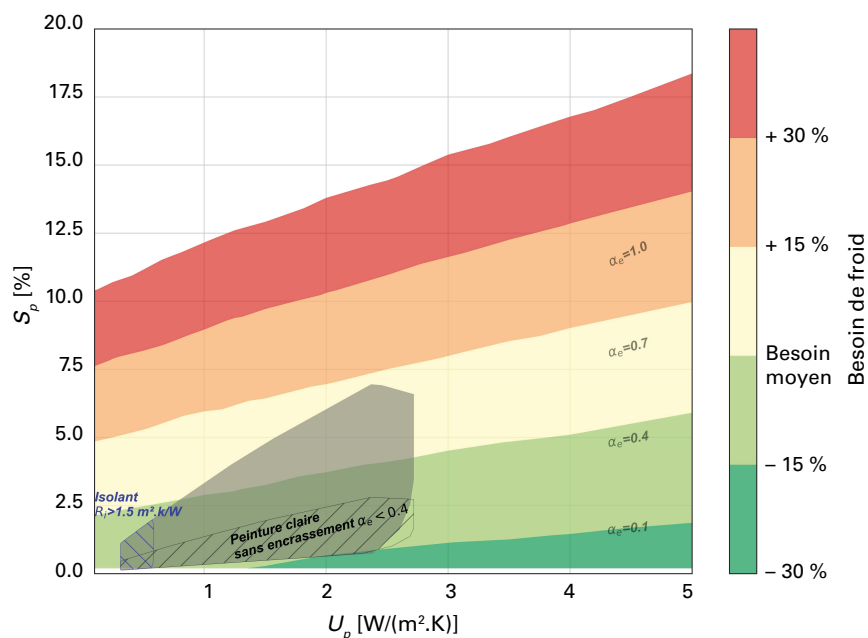


Figure 7 : Couverture métallique ventilée intégrant un isolant épais et panneaux sandwichs métalliques de couverture. Cartographie du besoin de froid en bureau

Couverture métallique ventilée avec isolant épais et panneaux sandwichs métalliques de couverture

2

3. Levier d'amélioration de la performance thermique

3.1 Paramètres clés de la performance thermique

Les deux paramètres les plus impactants sont :

- le coefficient de transmission thermique U_p de la paroi, qui dépend essentiellement de la résistance thermique utile R_u de l'isolant et des ponts thermiques dus, par exemple, aux liteaux pour la couverture ventilée. La relation entre la valeur de résistance thermique déclarée pour un produit isolant et le coefficient de transmission thermique U_p est détaillée dans la [fiche « Paramètres clés spécifiques à la Guadeloupe »](#) ;
- le coefficient d'absorption énergétique extérieur utile $\alpha_{e,u}$ de la couverture métallique.

Dans les gammes de variation considérées, les sections de ventilation et la géométrie de la toiture (inclinaison, longueur) sont de second ordre.

3.2 Verrous technologiques

Pour ce qui concerne les panneaux sandwichs métalliques, l'amélioration de la transmission thermique est limitée par le nombre de fixations nécessaires pour assurer la tenue mécanique sur la structure porteuse de l'ensemble (effets du vent, flèche maximale, résistance aux chocs et poids propre, etc.). La cohésion de l'isolant et son adhérence sous l'effet du poids propre limitent également son épaisseur.

Pour la couverture ventilée intégrant un isolant épais, les pratiques constructives locales en résidentiel conduisent à une utilisation systématique de liteaux standard d'épaisseur maximale 50 mm, ce qui limite la possibilité d'augmenter l'épaisseur d'isolation entre les liteaux. En effet, un changement de liteau entraîne également une modification des standards de longueur des tire-fonds. La tenue mécanique de l'ensemble serait également à justifier notamment au regard des sollicitations extrêmes locales (séisme et cyclone).

L'ajout d'une seconde couche d'isolation par l'intérieur ou par l'extérieur implique également de réinterroger la tenue mécanique de l'ensemble ainsi que les questions relatives à la sécurité incendie.

La diminution du coefficient d'absorption énergétique extérieur de la couverture métallique est limitée dans le temps par les questions relatives à sa durabilité, tout comme la possibilité d'agir sur l'émissivité des revêtements présents dans la lame d'air ventilée. Des justificatifs techniques devraient donc être produits en ce sens.

FICHES PROCÉDÉS

2

Couverture métallique ventilée avec isolant épais et panneaux sandwichs métalliques de couverture

3.3 Pistes de R&D possibles

3.3.1 Panneaux sandwichs

Tableau 2 : Leviers d'amélioration

Paramètres clés	Leviers	Verrous technologiques	Renvoi
Coefficient de transmission thermique U_p	Diminution de la conductivité thermique de l'isolant	-	-
	Augmentation de l'épaisseur de l'isolant entre parements	Changement de mode de fixation sur la structure porteuse : tenue mécanique à justifier (cyclone, séisme)	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
Coefficient d'absorption α_e	Utilisation de revêtements à faible absorption (teintes claires ou teintées avec forte réflexion dans infrarouges proches)	Justification de la durabilité et de la limitation de l'encrassement de ce revêtement	Fiche « Durabilité des paramètres clés » (Partie 5)

3.3.2 Couverture métallique ventilée avec isolant épais

Tableau 3 : Leviers d'amélioration

Paramètres clés	Leviers	Verrous technologiques	Renvoi
Coefficient de transmission thermique U_p	Diminution de la conductivité thermique de l'isolant	-	-
	Augmentation de l'épaisseur de l'isolant entre liteaux	Changement de mode de construction (liteaux + tire-fonds non standard) Tenue mécanique à justifier (cyclone, séisme)	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
	Augmentation de l'espacement entre liteaux	Changement de mode de construction (mise en œuvre liteaux) Tenue mécanique à justifier (cyclone, séisme)	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
	Mise en œuvre d'une seconde couche d'isolant par l'intérieur	Changement de mode de construction (plafond suspendu, par exemple) Tenue mécanique à justifier (séisme) Sécurité incendie à justifier selon typologie de bâtiment	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)

Couverture métallique ventilée avec isolant épais et panneaux sandwichs métalliques de couverture

2

Paramètres clés	Leviers	Verrous technologiques	Renvoi
Coefficient de transmission thermique U_p	Mise en œuvre d'une seconde couche d'isolant par l'extérieur	Changement de mode de construction (sarking, par exemple) Tenue mécanique à justifier (cyclone) Sécurité incendie à justifier selon typologie de bâtiment	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
Coefficient d'absorption α_e	Utilisation de revêtements à faible absorption (teintes claires ou teintées avec forte réflexion dans infrarouges proches)	Justification de la durabilité et de la limitation de l'encrassement de ce revêtement	Fiche « Durabilité des paramètres clés » (Partie 5)

4. Durabilité

La durabilité de la résistance thermique de l'isolant dépend essentiellement des cycles chaleur et humidité rencontrés localement.

La durabilité du coefficient d'absorption énergétique des revêtements de toiture métallique dépend de la capacité du revêtement à conserver cette propriété dans le temps du fait des diverses agressions climatiques spécifiques, notamment :

- chaleur, humidité, chocs thermiques et UV ;
- corrosion ;
- encrassement.

La justification de la durabilité de tous les paramètres clés se fait par des méthodes expérimentales définies dans la [Partie 5 « Durabilité des paramètres clés »](#).

5. Limiter les risques de pathologies dues à l'humidité

5.1 Panneaux sandwichs métalliques en couverture

Le panneau sandwich isolé comporte deux peaux très étanches aux transferts de vapeur d'eau. Il est important de bien respecter et de s'assurer d'une mise en œuvre correcte, notamment pour les différents points singuliers. Effectivement, si un point de passage de la vapeur d'eau est créé sur un des parements mais pas sur l'autre, une accumulation de la vapeur d'eau peut exister et ainsi dégrader l'isolant, voire créer un développement fongique.

FICHES PROCÉDÉS

2

Couverture métallique ventilée avec isolant épais et panneaux sandwichs métalliques de couverture**5.2 Couverture métallique ventilée associant un isolant épais**

Sans climatisation intérieure, ces systèmes de toiture isolée sont soumis à des températures et des humidités relatives intérieures et extérieures assez proches. Le flux de vapeur peut transiter à travers la paroi aussi bien dans un sens que dans l'autre. La tôle extérieure est très résistante aux transferts d'humidité. L'humidité provenant de l'intérieur du local sera d'autant plus bloquée par cette tôle que la hauteur des ondulations est faible.

Le type de revêtement intérieur va pouvoir freiner plus ou moins les transferts d'humidité provenant de l'intérieur de l'habitat suivant sa nature. L'isolant recevra plus ou moins de vapeur d'eau provenant de l'intérieur du logement.

Si la ventilation sous la tôle est suffisante, il n'y aura pas de risque de condensation dans la paroi. Cependant, plus l'épaisseur (ou la résistance thermique) de l'isolation sera importante, plus la paroi se rapprochera des limites admissibles pour éviter toute condensation.

Si la ventilation sous la tôle est suffisante, il est inutile de mettre un pare-vapeur entre le revêtement intérieur et l'isolant. Le fait de mettre un pare-vapeur dans la paroi va limiter le séchage possible et, dans ce cas-là, la paroi va se charger en humidité et conduire à long terme à des condensations.

En revanche, si la hauteur des ondulations est faible, il faudra que le revêtement intérieur soit résistant aux transferts d'humidité pour réduire les risques liés à l'humidité.

Il faut limiter les produits hygrosensibles car les humidités relatives et les teneurs en eau dans l'air et dans la paroi sont importantes. Pour un isolant biosourcé ou pour du bois, le risque de développement fongique est considérable. Il est recommandé d'utiliser des produits non vulnérables au développement fongique à 95 % HR.

Lorsqu'une climatisation est activée dans un local, la température intérieure sera fortement abaissée. Au vu des résultats sans climatisation, la plaque de plâtre pourrait se charger en humidité et créer des condensations. Pour éviter les condensations, il est recommandé que le climatiseur régule la température mais aussi l'humidité relative afin que celle-ci ne soit pas trop élevée.

Couverture métallique ventilée avec produit mince réfléchissant

3

1. Descriptif

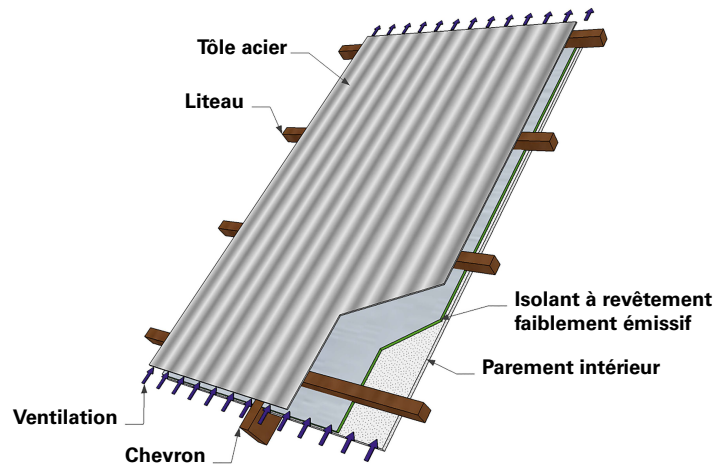


Figure 1 : Couverture métallique ventilée en sous-face mise en œuvre sur des liteaux

Un isolant thermique en produit mince réfléchissant PMR, appelé aussi « isolant thermoréfléctif », est inséré entre les liteaux. Son épaisseur est inférieure à celle des liteaux, aménageant ainsi une lame d'air ventilée côté extérieur entre l'isolant et la couverture, et éventuellement une lame d'air non ventilée côté intérieur entre l'isolant et le parement intérieur.

La résistance thermique intrinsèque du PMR varie entre 0,1 et 1 $m^2.K/W$. Du fait de leur faible émissivité (entre 0,03 et 0,3), les couches en feuilles d'aluminium ou en film plastique aluminisé sont placées de chaque côté de l'isolant et permettent de réduire les échanges radiatifs dans les deux lames d'air.

2. Performances thermiques

La performance thermique est représentée ci-après par des cartographies en couleur exprimant l'indice de confort thermique ICT ou le besoin énergétique de refroidissement (besoin de froid) dans un plan dont l'axe des abscisses est le coefficient de transmission thermique surfacique U_p et celui des ordonnées le facteur solaire des parois opaques S_p .

L'indice de confort thermique ICT est exprimé en écart de température au-dessus de la température de confort ressentie (surchauffe) en moyenne sur la durée d'occupation.

Le besoin énergétique de refroidissement est exprimé ici en pourcentage d'augmentation ou de diminution par rapport à un besoin moyen du bâtiment étudié ([voir les principes de lecture décrits dans l'introduction de la partie 2](#)).

FICHES PROCÉDÉS

3

Couverture métallique ventilée avec produit mince réfléchissant

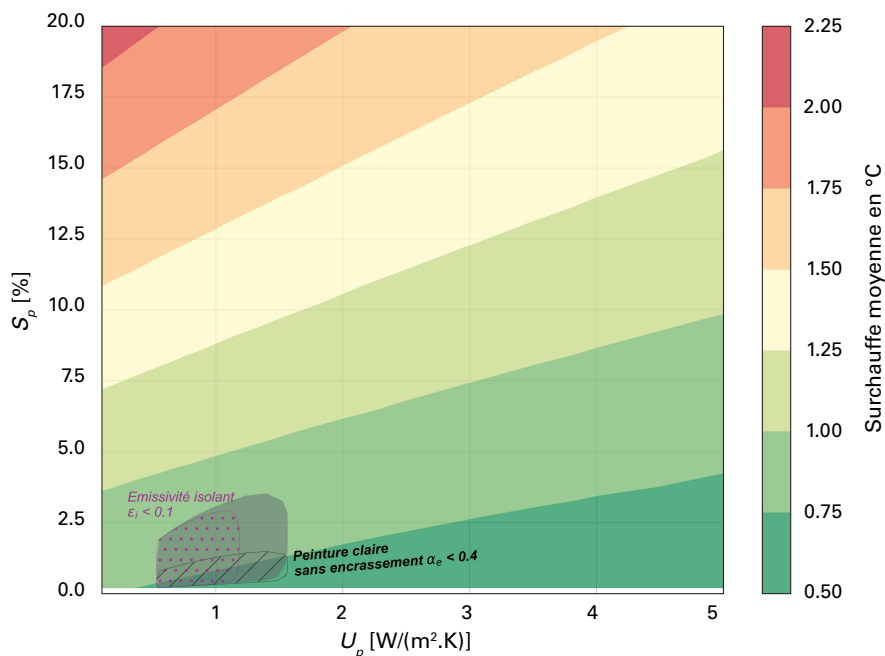


Figure 2 : Couverture métallique ventilée avec produit mince réfléchissant.
Cartographie du confort thermique en maison individuelle

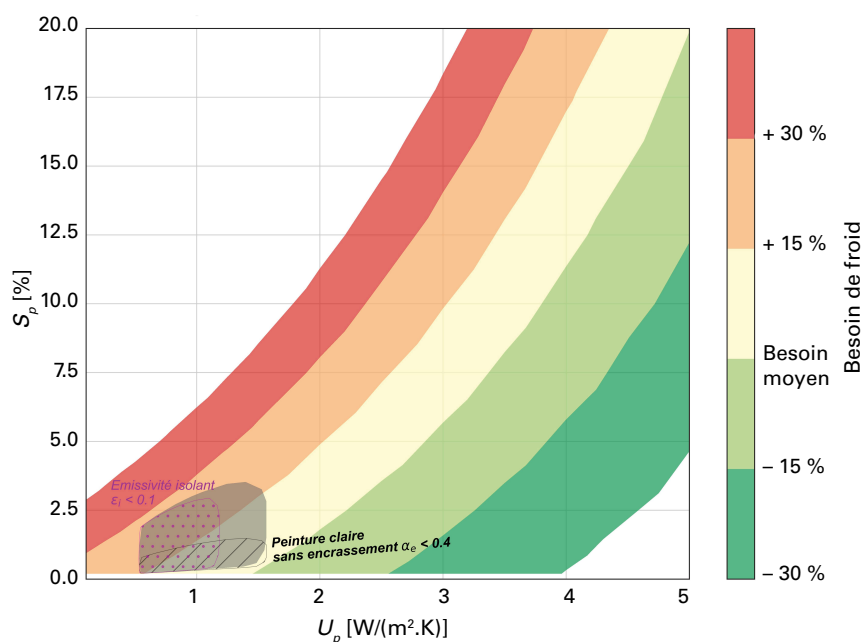


Figure 3 : Couverture métallique ventilée avec produit mince réfléchissant.
Cartographie du besoin de froid en maison individuelle

Couverture métallique ventilée avec produit mince réfléchissant

3

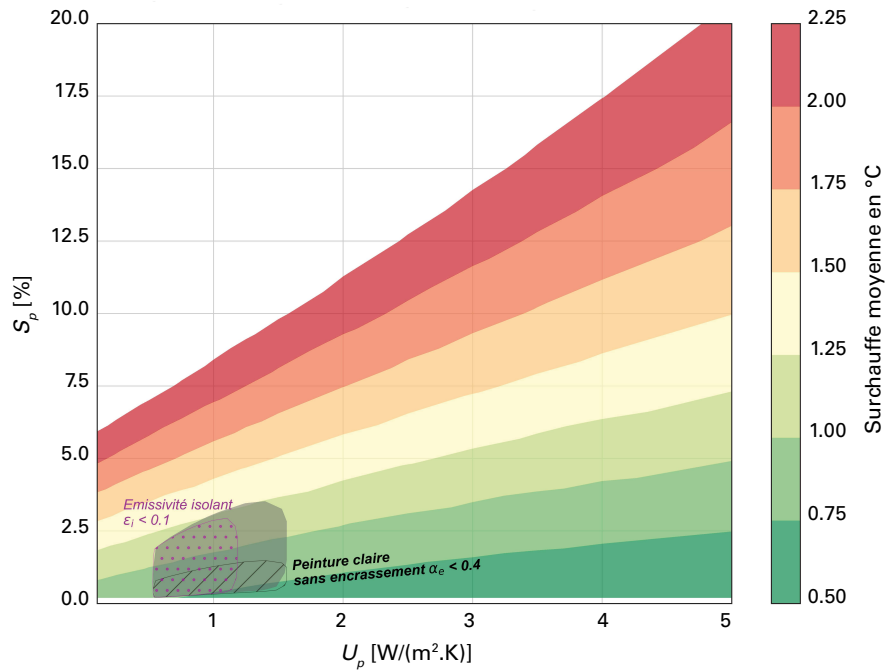


Figure 4 : Couverture métallique ventilée avec produit mince réfléchissant. Cartographie du confort thermique en logement collectif

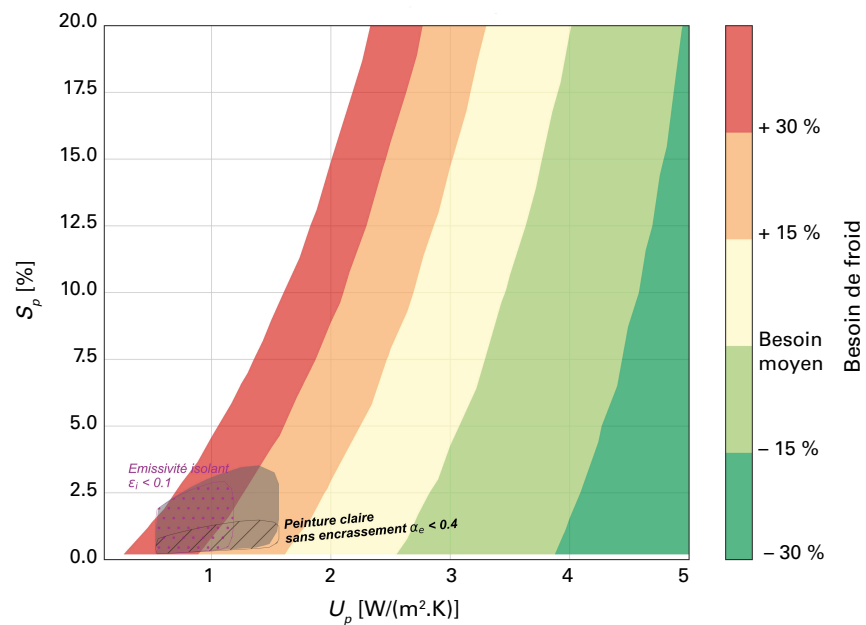


Figure 5 : Couverture métallique ventilée avec produit mince réfléchissant. Cartographie du besoin de froid en logement collectif

FICHES PROCÉDÉS

3

Couverture métallique ventilée avec produit mince réfléchissant

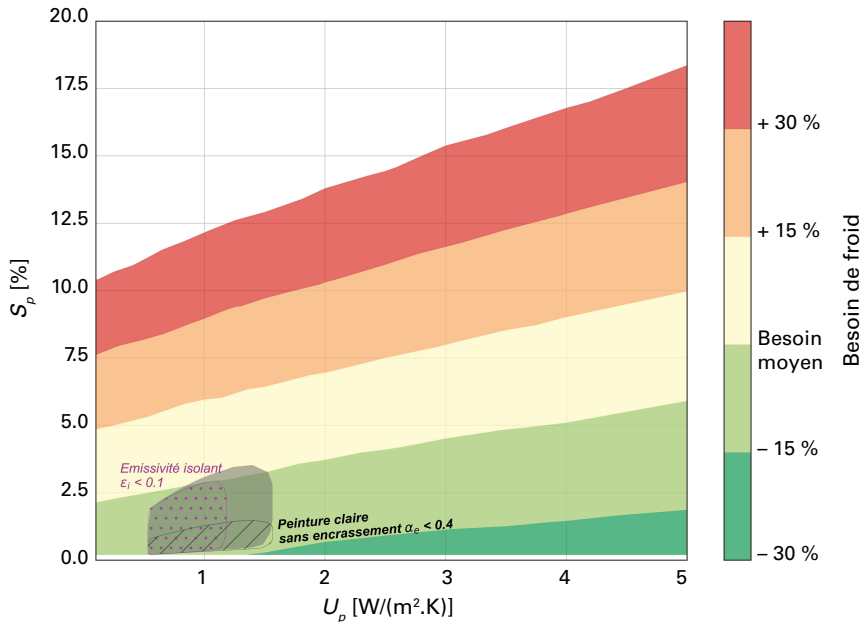


Figure 6 : Couverture métallique ventilée avec produit mince réfléchissant.
Cartographie du besoin de froid en bureau

3. Levier d'amélioration de la performance thermique

3.1 Paramètres clés de la performance thermique

Les deux paramètres les plus impactants sont :

- l'émissivité des couches externes de chaque côté de l'isolant ;
- le coefficient d'absorption énergétique extérieure utile $\alpha_{e,u}$ de la couverture métallique.

Dans les gammes de variation considérées, les sections de ventilation et la géométrie de la toiture (inclinaison, longueur) sont de second ordre.

3.2 Verrous technologiques

La diminution du coefficient d'absorption énergétique extérieur de la couverture métallique est limitée dans le temps par les questions relatives à la durabilité. Il en est de même pour l'émissivité des couches externes de l'isolant PMR. Des justificatifs techniques devraient donc être produits en ce sens.

Couverture métallique ventilée avec produit mince réfléchissant

3

3.3 Pistes de R&D possibles

Tableau 1 : Leviers d'amélioration

Paramètres clés	Leviers	Verrous technologiques	Renvoi
Émissivité des couches externes de l'isolant PMR	Amélioration de la durabilité des revêtements	Justifier la durabilité	Fiche « Durabilité des paramètres clés » (Partie 5)
Coefficient d'absorption α_e	Utilisation des revêtements à faible absorption (teintes claires ou teintées avec forte réflexion dans infrarouges proches)	Justifier la durabilité et la limitation de l'encrassement de ce revêtement	Fiche « Durabilité des paramètres clés » (Partie 5)

4. Durabilité

La durabilité de la résistance thermique de l'isolant dépend essentiellement des cycles chaleur et humidité rencontrés localement.

La durabilité du coefficient d'absorption énergétique des revêtements de toiture métallique dépend de la capacité du revêtement à conserver cette propriété dans le temps du fait des diverses agressions climatiques spécifiques, notamment :

- chaleur, humidité, chocs thermiques et UV ;
- corrosion ;
- encrassement.

La durabilité de la faible émissivité sur la face externe peut être impactée par des phénomènes d'encrassement et de corrosion.

La justification de la durabilité de tous les paramètres clés se fait par des méthodes expérimentales définies dans [les fiches « Durabilité »](#).

5. Limiter les risques de pathologies dues à l'humidité

Le système comporte :

- un parement intérieur plus ou moins étanche aux transferts de vapeur d'eau ;
- un isolant PMR qui est très étanche aux transferts de vapeur d'eau ;
- un système de couverture ventilée en sous-face en tôle.

Sans climatisation intérieure, ces systèmes de toiture isolée sont soumis à des températures et des humidités relatives intérieures et extérieures assez

FICHES PROCÉDÉS

3

Couverture métallique ventilée avec produit mince réfléchissant

proches. Le flux de vapeur peut transiter à travers la paroi aussi bien dans un sens que dans l'autre.

Le type de parement intérieur va pouvoir freiner plus ou moins les transferts d'humidité provenant de l'intérieur de l'habitat suivant sa nature.

Si la ventilation de la couverture est suffisante, il n'y aura pas de risque de condensations dans la paroi. Cependant, plus l'épaisseur (ou la résistance thermique) de l'isolation sera importante, plus la paroi se rapprochera des limites admissibles pour éviter toute condensation.

Dans cette configuration, il est inutile de mettre un pare-vapeur entre le revêtement intérieur et l'isolant. L'isolant PMR comporte déjà un film étanche de chaque côté.

Il faut limiter les produits hygroscopiques car les humidités relatives et les teneurs en eau dans l'air et dans la paroi sont importantes. Pour un isolant biosourcé ou pour du bois, le risque de développement fongique est considérable. Il est recommandé d'utiliser des produits ne permettant pas de développement fongique à 95 % HR.

Lorsqu'une climatisation est activée dans un local, la température intérieure sera fortement abaissée. Le parement intérieur pourrait se charger en humidité et créer des condensations. Pour éviter les condensations, il est recommandé de réguler la température mais également l'humidité relative afin que celle-ci ne soit pas trop élevée. En particulier, les flux de vapeur peuvent s'inverser fréquemment et conduire à l'apparition de condensation sur la face intérieure de l'isolant. Cette condensation peut être paradoxalement accentuée par la mise en œuvre d'un pare-vapeur intérieur.

Le choix de l'isolant ayant un impact important sur les risques de condensation, il convient d'être particulièrement attentif à l'utilisation de produits biosourcés. En effet, même en cas de ventilation en sous-face de la couverture, une condensation nocturne peut apparaître, que le bâtiment soit climatisé ou pas.

Il convient d'appliquer avec précaution les dispositifs présentés dans les règles de l'art, habituellement conçues pour la France métropolitaine car les conditions climatiques, notamment, ne sont pas les mêmes.

Toiture-terrasse

4

1. Descriptif

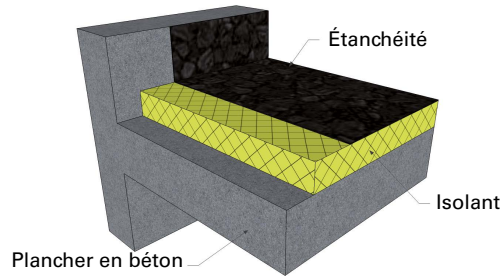


Figure 1 : Toiture-terrasse isolée

Plancher en béton muni d'un système d'étanchéité à l'eau comprenant un isolant support d'étanchéité. Un acrotère doit être mis en œuvre selon les règles de l'art.

2. Performances thermiques

La performance thermique est représentée par des cartographies en couleur exprimant l'indice de confort thermique ICT ou le besoin énergétique de refroidissement B_{froid} dans un plan dont l'axe des abscisses est le coefficient de transmission thermique surfacique U_p et celui des ordonnées le facteur solaire des parois opaques S_p (voir les principes de lecture).

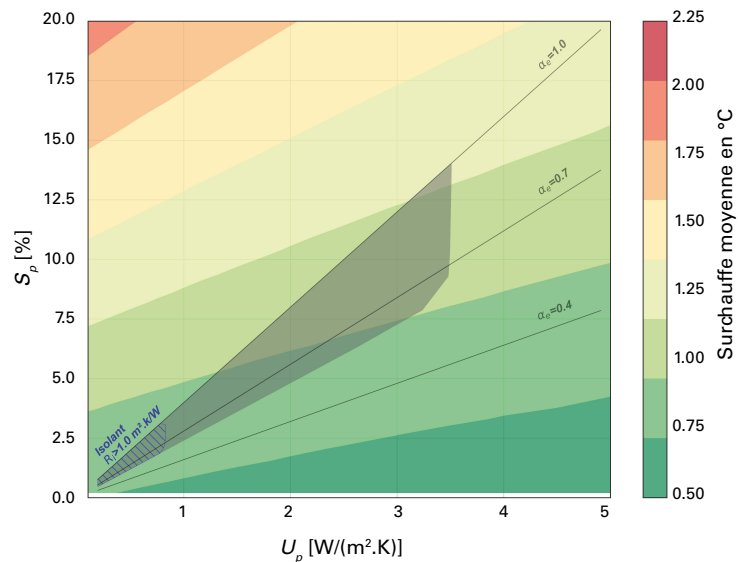


Figure 2 : Toiture-terrasse. Cartographie du confort thermique en maison individuelle

FICHES PROCÉDÉS

4

Toiture-terrasse

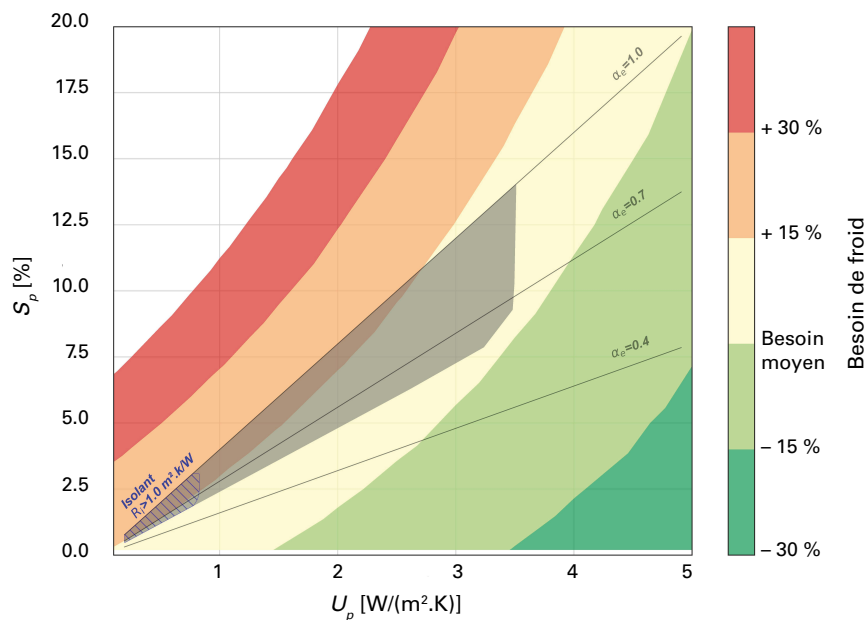


Figure 3 : Toiture-terrasse. Cartographie du besoin de froid en maison individuelle

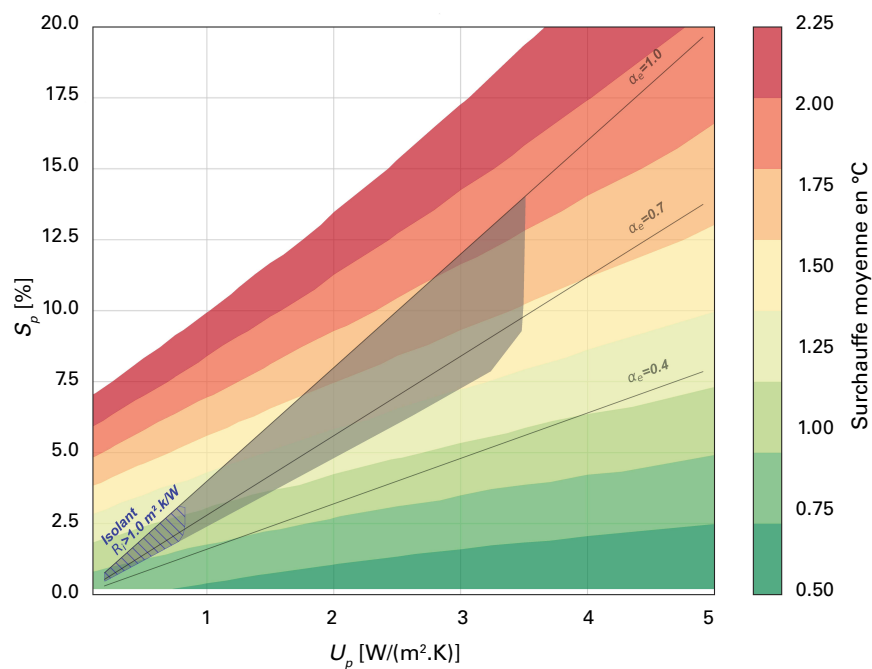


Figure 4 : Toiture-terrasse. Cartographie du confort thermique en logement collectif

Toiture-terrasse

4

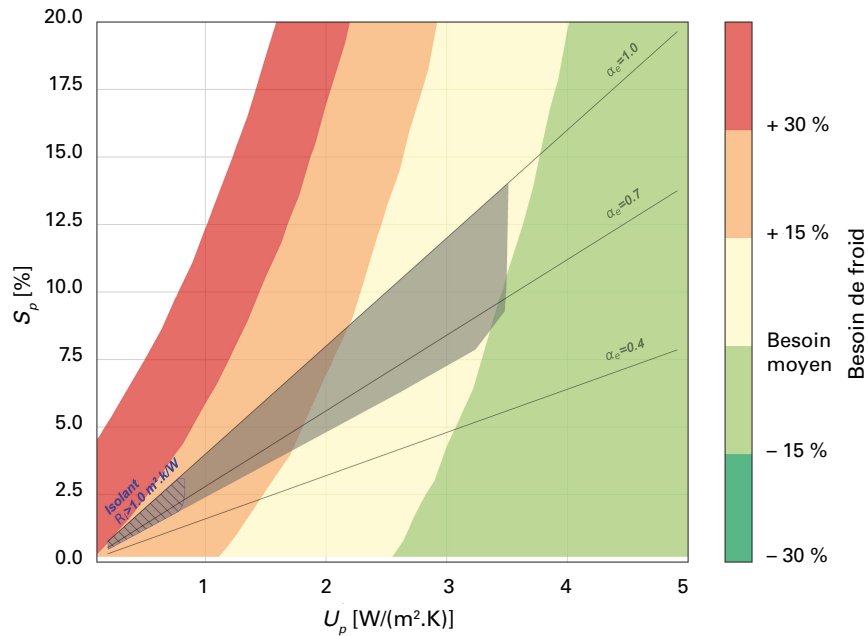


Figure 5 : Toiture-terrasse. Cartographie du besoin de froid en logement collectif

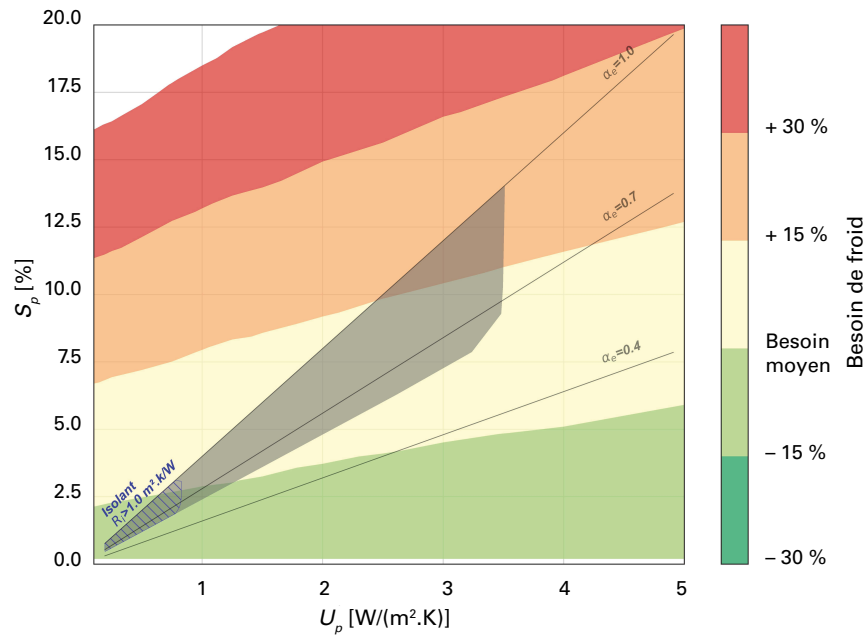


Figure 6 : Toiture-terrasse. Cartographie du besoin de froid en bureau

FICHES PROCÉDÉS

4

Toiture-terrasse

3. Levier d'amélioration de la performance thermique

3.1 Paramètres clés de la performance thermique

Les deux paramètres les plus impactants sont :

- la résistance thermique utile de l'isolant R_i ;
- le coefficient d'absorption énergétique extérieur utile $\alpha_{e,u}$ de l'étanchéité.

Une solution intéressante au niveau thermique serait la mise en œuvre d'un complexe de végétalisation sur la membrane d'étanchéité. En effet, quand le substrat est humide, le facteur solaire de la toiture est fortement réduit quel que soit le niveau d'isolation associé.

3.2 Verrous technologiques

Vu la faible inclinaison de la toiture-terrasse, il est difficile de limiter l'encrassement d'un revêtement d'étanchéité qui bénéficierait d'un faible coefficient d'absorption énergétique à l'état neuf.

L'augmentation de l'épaisseur de l'isolant est possible à condition qu'elle n'impacte pas négativement le bon fonctionnement de l'étanchéité au niveau des points singuliers (relevé d'étanchéité au niveau des acrotères, notamment). La question de la sécurité incendie doit également être abordée (augmentation de la masse combustible).

L'ajout potentiel d'une couche de végétalisation doit faire l'objet de justificatifs particuliers, notamment pour la tenue mécanique du support en condition normale mais surtout en cas de séisme. Une conception et un entretien des espèces végétales doivent être réalisés afin d'éviter la prolifération d'espèces invasives dont les racines peuvent percer la membrane d'étanchéité.

Enfin, avec ou sans végétalisation, il est crucial d'éviter au maximum la stagnation d'eau liquide pour limiter la prolifération de moustiques : une pente minimale de 2 % est généralement recommandée. La mise en place de dalle ou de végétalisation sur plots est à proscrire.

3.3 Pistes de R&D possibles

Tableau 1 : Leviers d'amélioration

Paramètres clés	Leviers	Verrous technologiques	Renvoi
Coefficient de transmission thermique U_p	Augmentation de l'épaisseur de l'isolant	Vérifier la compatibilité avec l'étanchéité des points singuliers (relevés d'acrotère, notamment) Risque incendie	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)

Toiture-terrasse

4

Paramètres clés	Leviers	Verrous technologiques	Renvoi
Coefficient de transmission thermique U_p	Diminution de la conductivité thermique de l'isolant utilisé	S'assurer de l'aptitude à l'emploi de cet isolant en support d'étanchéité (résistance mécanique, comportement à l'eau, etc.)	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
Coefficient d'absorption α_e	Utilisation des revêtements à faible absorption (teintes claires ou teintes avec forte réflexion dans infrarouges proches)	Justifier la durabilité et la limitation de l'encrassement de ce revêtement	Fiche « Durabilité des paramètres clés » (Partie 5)
Végétalisation	Le climat de la Guadeloupe, avec des précipitations courantes, permet de garder un substrat humide qui favorise la dissipation du flux solaire incident par évaporation	Contrainte sismique (poids additionnel sur la terrasse) Choisir des espèces locales adaptées et entretien accru Proscrire la mise en œuvre de la végétalisation sur plots pour limiter la stagnation d'eau	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)

4. Durabilité

La durabilité de la résistance thermique de l'isolant dépend essentiellement des cycles chaleur et humidité rencontrés localement. Dès lors, la mise en place d'une membrane à faible coefficient d'absorption énergétique ou d'une couche végétale et, dans une moindre mesure, une protection gravillonnaire, va avoir tendance à limiter l'amplitude des variations de température. Ces amplitudes réduites augmentent la durabilité de la membrane et des isolants, notamment en limitant le phénomène de reptation (le déplacement lent et progressif des isolants dû aux déformations répétées).

La durabilité du coefficient d'absorption énergétique de la membrane dépend de la capacité du revêtement à conserver cette propriété dans le temps du fait des diverses agressions climatiques spécifiques, notamment :

- chaleur, humidité, chocs thermiques et UV ;
- corrosion ;
- encrassement.

La faible pente des toitures-terrasses augmente fortement la probabilité d'encrassement.

La justification de la durabilité de tous les paramètres clés se fait par des méthodes expérimentales définies dans la [Partie 5 « Durabilité des paramètres clés »](#).

FICHES PROCÉDÉS

4

Toiture-terrasse

5. Limiter les risques de pathologies dues à l'humidité

La toiture-terrasse comporte :

- un parement intérieur plus ou moins étanche aux transferts de vapeur d'eau ;
- un plancher béton ;
- un isolant qui est très étanche aux transferts de vapeur d'eau ;
- une étanchéité.

Le plancher béton peut permettre une absorption d'eau importante, ce qui fait office de tampon hygroscopique.

Différents types d'isolant peuvent être utilisés en toiture-terrasse : des produits en laine minérale, des plastiques alvéolaires et des produits biosourcés.

Différents types d'étanchéité peuvent également être utilisés avec des valeurs de résistance aux transferts de vapeur très variables.

Sans climatisation intérieure, ce système de toitures isolées est soumis à des températures et des humidités relatives intérieures et extérieures assez proches. La toiture-terrasse en fonctionnement normal ne présente pas de risque de condensation.

Cependant, en cas de défaut mineur d'étanchéité, l'isolant risque de se charger à la fois en eau liquide et en vapeur d'eau. La condensation ayant probablement lieu en sous-face de l'isolant, le séchage grâce au flux solaire sera très limité. Dès lors, la pertinence de conserver un pare-vapeur bitumineux à ce niveau et pour un climat guadeloupéen devrait être réévaluée par une expertise spécifique. Cette remarque est à appliquer également à un local climatisé.

Il faut limiter les produits hygroscopiques car les humidités relatives et les teneurs en eau dans l'air et dans la paroi sont importantes. Pour un isolant biosourcé ou pour du bois, le risque de développement fongique est considérable. Il est recommandé d'utiliser des produits ne permettant pas de développement fongique à 95 % HR.

Lorsqu'une climatisation est activée dans un local, la température intérieure est fortement abaissée. Le sens de diffusion de la vapeur d'eau sera alors prépondérant de l'extérieur vers l'intérieur : la membrane d'étanchéité étant très étanche à la vapeur d'eau, le risque reste relativement limité. Pour éviter les condensations, il faudra que le climatiseur régule la température mais également l'humidité relative afin que celle-ci ne soit pas trop élevée et ne provoque pas des condensations superficielles intérieures.

Le choix de l'isolant ayant un impact important sur les risques de condensation, il convient d'être particulièrement attentif à l'utilisation de produits biosourcés.

Il convient d'appliquer avec précaution les dispositifs présentés dans les règles de l'art, habituellement conçues pour la France métropolitaine, notamment parce que les conditions climatiques ne sont pas les mêmes.

Mur non isolé en béton ou en maçonnerie

5

1. Descriptif

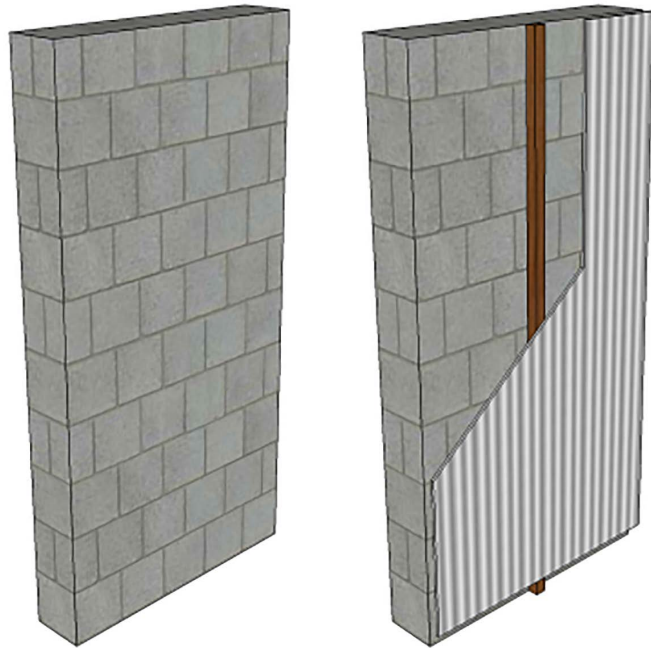


Figure 1 : Mur en parpaing avec face extérieure nue (à gauche) et munie d'un bardage métallique ventilé (à droite)

Mur en béton banché, plaques de béton préfabriqué, maçonnerie courante (parpaing, brique pleine) et maçonnerie isolante (brique alvéolaire, béton cellulaire).

La face extérieure peut être nue, revêtue d'un enduit ou munie d'une protection solaire additionnelle à l'aide d'un bardage ventilé.

2. Performances thermiques

La performance thermique est représentée par des cartographies en couleur exprimant l'indice de confort thermique ICT ou le besoin énergétique de refroidissement B_{froid} dans un plan dont l'axe des abscisses est le coefficient de transmission thermique surfacique U_p et celui des ordonnées le facteur solaire des parois opaques S_p ([voir les principes de lecture décrits en introduction de la partie 2](#)).

FICHES PROCÉDÉS

5

Mur non isolé en béton ou en maçonnerie

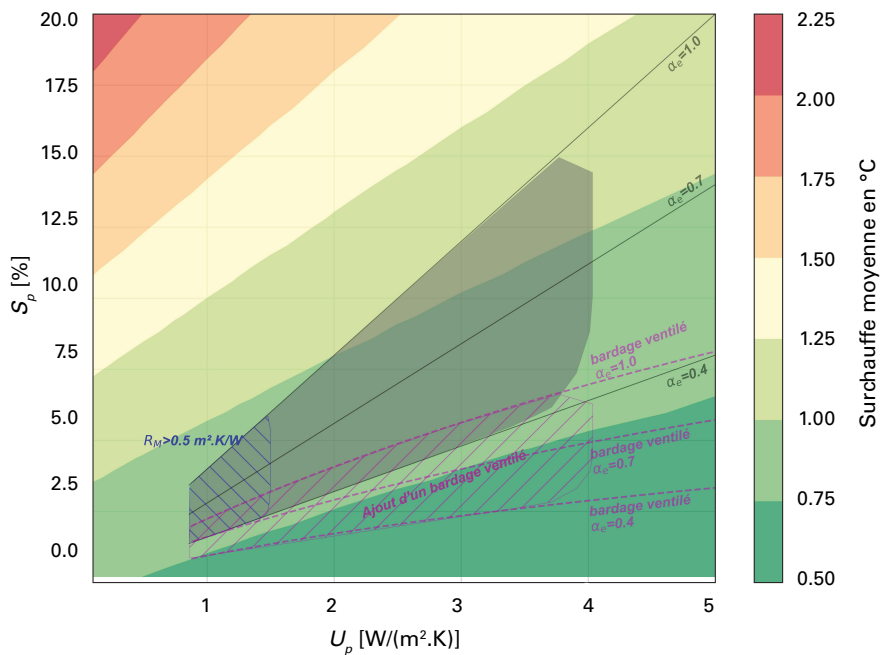


Figure 2 : Mur non isolé en béton ou maçonnerie.
Cartographie du confort thermique en maison individuelle

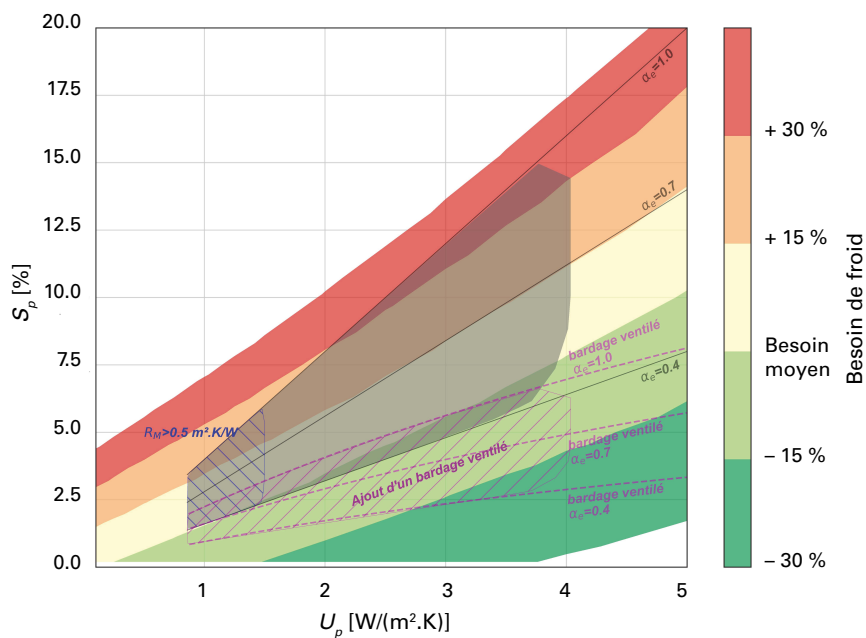


Figure 3 : Mur non isolé en béton ou maçonnerie.
Cartographie du besoin en froid en maison individuelle

Mur non isolé en béton ou en maçonnerie

5

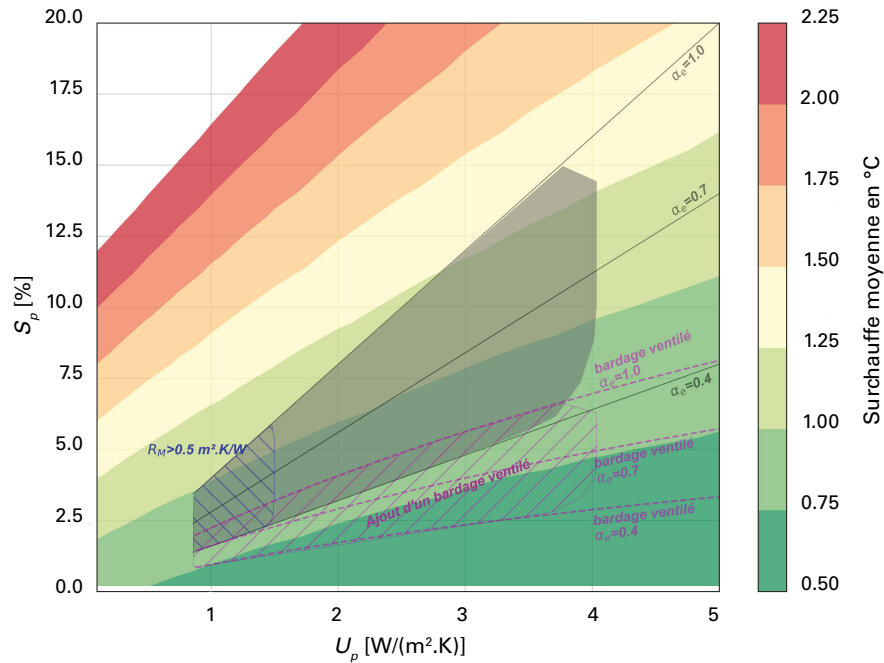


Figure 4 : Mur non isolé en béton ou maçonnerie. Cartographie du confort thermique en logement collectif

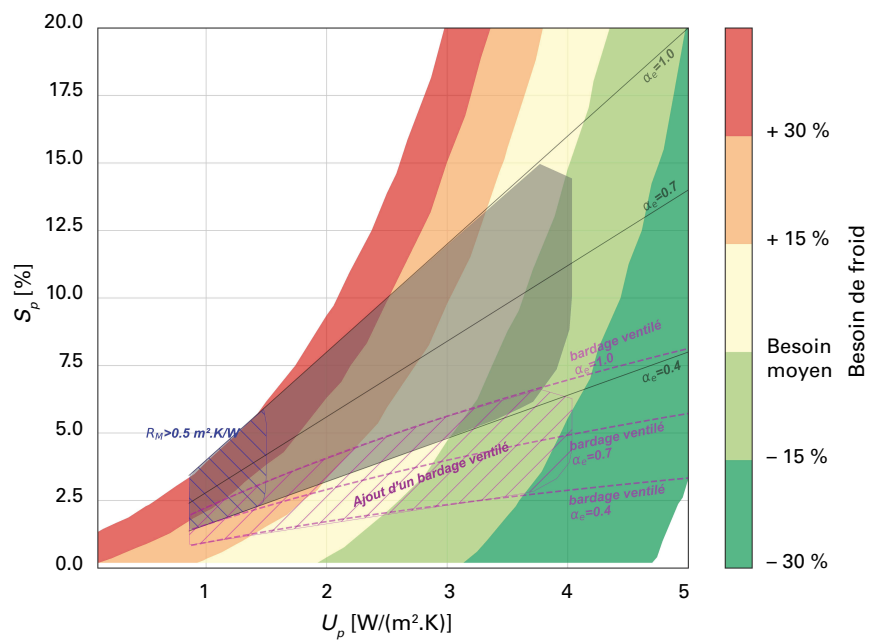


Figure 5 : Mur non isolé en béton ou maçonnerie. Cartographie du besoin de froid en logement collectif

FICHES PROCÉDÉS

5

Mur non isolé en béton ou en maçonnerie

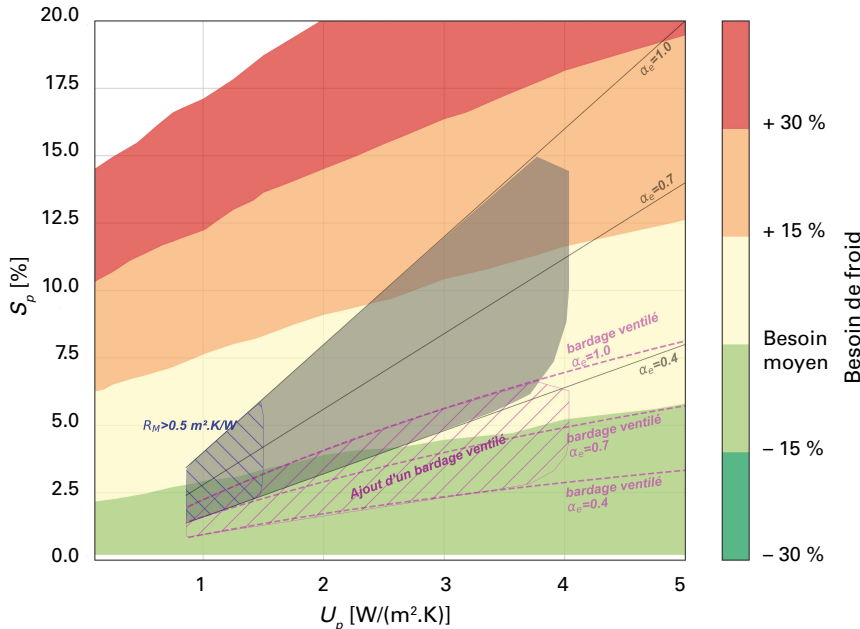


Figure 6 : Mur non isolé en béton ou maçonnerie.
Cartographie du besoin de froid en bureau

3. Levier d'amélioration de la performance thermique

3.1 Paramètres clés de la performance thermique

Les trois paramètres les plus impactants sont :

- la résistance thermique utile du mur R_M ;
- la présence d'une protection solaire additionnelle par bardage ventilé ;
- le coefficient d'absorption énergétique extérieure utile $\alpha_{e,u}$ de l'enduit extérieur ou du bardage.

3.2 Verrous technologiques

La diminution du coefficient d'absorption énergétique extérieur du mur (tôle métallique de bardage ou enduit extérieur) est limitée dans le temps par les questions relatives à la durabilité. Des justificatifs techniques devraient donc être produits en ce sens.

L'ajout d'un bardage ventilé doit faire l'objet de justificatifs de tenue mécanique au niveau sismique et cyclonique, mais également en termes de risque incendie (en particulier en logements collectifs et ERP).

Mur non isolé en béton ou en maçonnerie

5

L'augmentation de la résistance thermique du mur doit aussi faire l'objet de justificatifs :

- tenue mécanique (en particulier sismique) en cas d'utilisation de blocs de maçonnerie allégés. Une attention est également à porter sur les risques liés à l'humidité sur ce type de blocs, notamment en présence de matériaux biosourcés ou hygroscopiques ;
- sismique et incendie pour les complexes de doublage collés (ITI) ;
- sismique et tenue au vent pour les isolations par l'extérieur (ETICS) : à ce jour, aucun ETICS n'a été évalué en zone de sismicité 5 (Guadeloupe et Martinique). Des précautions particulières sont à prendre lors de l'utilisation d'isolant de type polystyrène gris pour limiter les risques de dilatation thermique lors de la pose. Une attention doit être portée sur la durabilité de l'enduit, les risques incendie et les risques liés à l'humidité.

3.3 Pistes de R&D possibles

Tableau 1 : Leviers d'amélioration

Paramètres clés	Leviers	Verrous technologiques	Renvoi
Ventilation	Ajout d'une protection solaire additionnelle par bardage ventilé	Tenue mécanique vis-à-vis des risques sismiques et cycloniques Sécurité incendie du fait de l'ajout d'une lame d'air extérieure pour certaines catégories de bâtiment	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
Coefficient d'absorption α_e	Utilisation de revêtements (tôle ou enduit extérieur) à faible absorption (teintes claires ou teintées avec forte réflexion dans infrarouges proches)	Justifier la durabilité et la limitation de l'encrassement de ce revêtement	Fiche « Durabilité des paramètres clés » (Partie 5)
Résistance thermique du mur R	Utilisation de blocs de maçonneries plus isolantes allégés (ex. : pierres volcaniques)	Tenue mécanique, en particulier en cas de séisme Durabilité (risque de condensation)	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
	Ajout d'un doublage isolant collé par l'intérieur	Tenue mécanique, en particulier en cas de séisme Risque incendie	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
	Ajout d'un système d'isolation par l'extérieur sous enduit ETICS	Tenue mécanique (vent et séisme) Risque incendie Dilatation thermique lors de la pose Durabilité de l'enduit Risques liés à l'humidité	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)

FICHES PROCÉDÉS

5

Mur non isolé en béton ou en maçonnerie

4. Durabilité

La durabilité du coefficient d'absorption énergétique extérieur du mur (enduit extérieur ou tôle de bardage) dépend de la capacité du revêtement à conserver cette propriété dans le temps du fait des diverses agressions climatiques spécifiques, notamment :

- chaleur, humidité, chocs thermiques et UV ;
- corrosion ;
- encrassement.

L'inclinaison verticale a tendance à limiter le phénomène d'encrassement sans toutefois l'annuler notamment du fait de développement de biofilms sur les revêtements (algues et champignons).

La durabilité de la résistance thermique du mur ou de l'isolant dépend essentiellement des cycles chaleur et humidité rencontrés localement. Dès lors, la présence d'un revêtement extérieur (enduit ou tôle de bardage) à faible coefficient d'absorption énergétique va avoir tendance à limiter l'amplitude des variations de température et à augmenter la durabilité des isolants (en cas d'ETICS) ou du mur.

La justification de la durabilité de tous les paramètres clés se fait par des méthodes expérimentales définies dans [les fiches « Durabilité »](#).

5. Limiter les risques de pathologies dues à l'humidité

La paroi comporte :

- un mur en parpaing ;
- une structure en bois ;
- un parement extérieur tôle.

Sans climatisation intérieure, ce système de murs est soumis à des températures et des humidités relatives intérieures et extérieures assez proches. Le flux de vapeur peut transiter à travers la paroi aussi bien dans un sens que dans l'autre.

Le mur en parpaing permet une absorption d'eau importante. Il joue le rôle d'un tampon hygroscopique.

Si la ventilation du parement extérieur est suffisante, il n'y aura pas de risque de condensation dans la paroi.

Si la ventilation du parement extérieur est inexistante, la structure en bois se retrouvera dans une ambiance très chargée en humidité et sa teneur en eau pourra être importante.

Mur non isolé en béton ou en maçonnerie**5**

Dans ce cas, le bois a un risque de développement fongique considérable. Il est recommandé d'utiliser des produits ne permettant pas de développement fongique à 95 % HR.

Lorsqu'une climatisation est activée dans un local, la température intérieure s'abaisse fortement. Cette baisse de température pourra occasionner des condensations en surface intérieure du mur en parpaing. Pour éviter les condensations, il faudra que le climatiseur régule la température mais également l'humidité relative afin que celle-ci ne soit pas trop élevée.

Les enduits extérieurs (mur sans bardage ventilé ou ETICS) doivent être traités contre l'humidité pour permettre une résistance à l'absorption de la pluie battante et aux développements fongiques.

L'étanchéité à l'eau globale du procédé doit être soignée pour assurer la durabilité de l'ouvrage, en particulier pour éviter le rejaillissement en partie basse. Les remontées capillaires doivent également être convenablement traitées.

Il convient d'appliquer avec précaution les dispositifs présentés dans les règles de l'art, habituellement conçues pour la France métropolitaine, notamment parce que les conditions climatiques ne sont pas les mêmes.

Si le mur est constitué de blocs composés de matériaux hygroscopiques (surtout de matériaux biosourcés) ou en présence d'ETICS, une étude spécifique des risques liés à l'humidité est nécessaire en particulier pour un usage en bâtiment climatisé.

FICHES PROCÉDÉS

6

Bardage en bois non ventilé

1. Descriptif

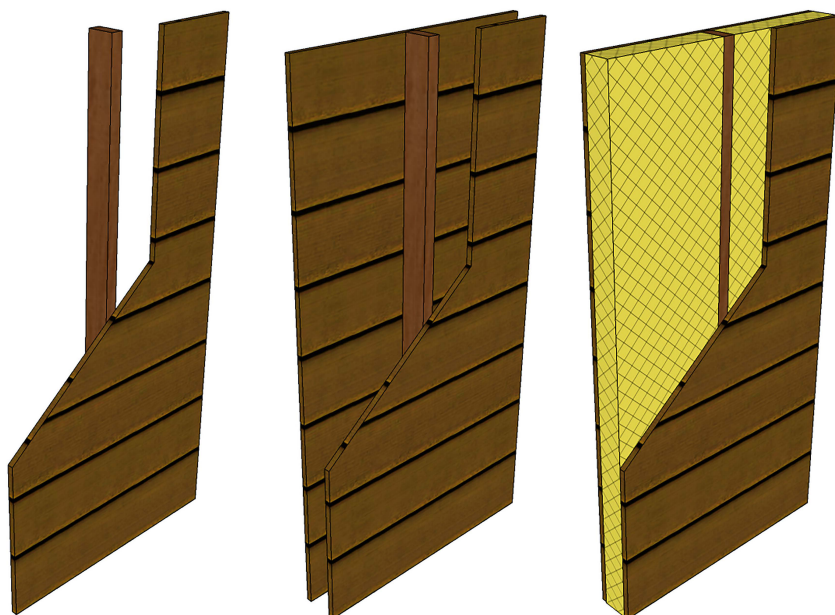


Figure 1 : Bardage en bois non ventilé simple peau (à gauche), double peau (au centre) et isolé (à droite)

Paroi à ossature en bois sur laquelle est fixé un élément de bardage lui aussi généralement en bois. Le système peut être constitué d'un bardage extérieur seul (courant en habitat traditionnel), mais aussi associé à un parement intérieur. L'espace entre le bardage et le parement peut également être rempli par un isolant.

2. Performances thermiques

La performance thermique est représentée ci-après par des cartographies en couleur exprimant l'indice de confort thermique ICT ou le besoin énergétique de refroidissement (besoin de froid) dans un plan dont l'axe des abscisses est le coefficient de transmission thermique surfacique U_p et celui des ordonnées le facteur solaire des parois opaques S_p .

L'indice de confort thermique ICT est exprimé en écart de température au-dessus de la température de confort ressentie (surchauffe) en moyenne sur la durée d'occupation.

Le besoin énergétique de refroidissement est exprimé ici en pourcentage d'augmentation ou de diminution par rapport à un besoin moyen du bâtiment étudié ([voir les principes de lecture décrits en introduction de la partie 2](#)).

Bardage en bois non ventilé

6

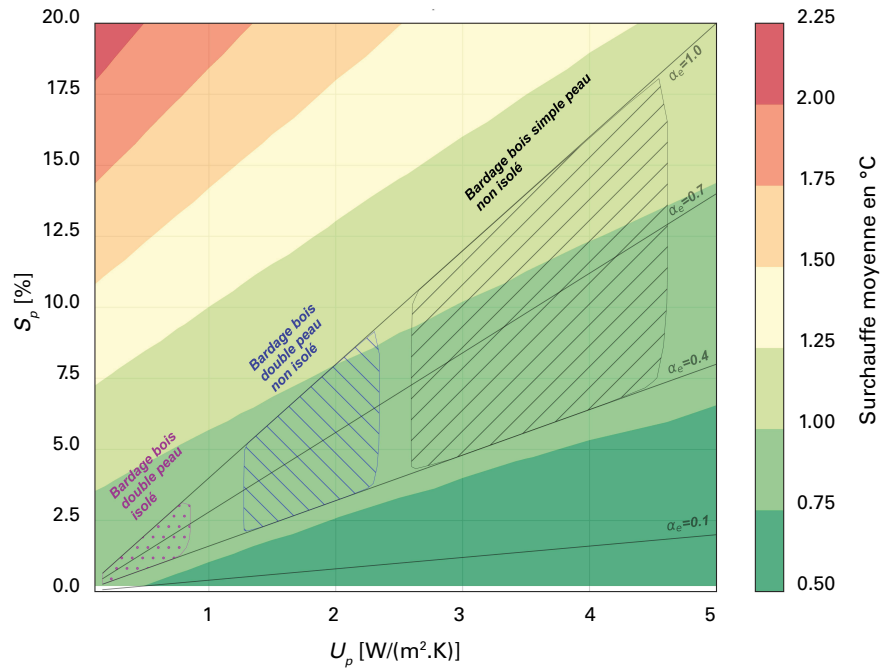


Figure 2 : Bardage en bois non ventilé.
Cartographie du confort thermique en maison individuelle

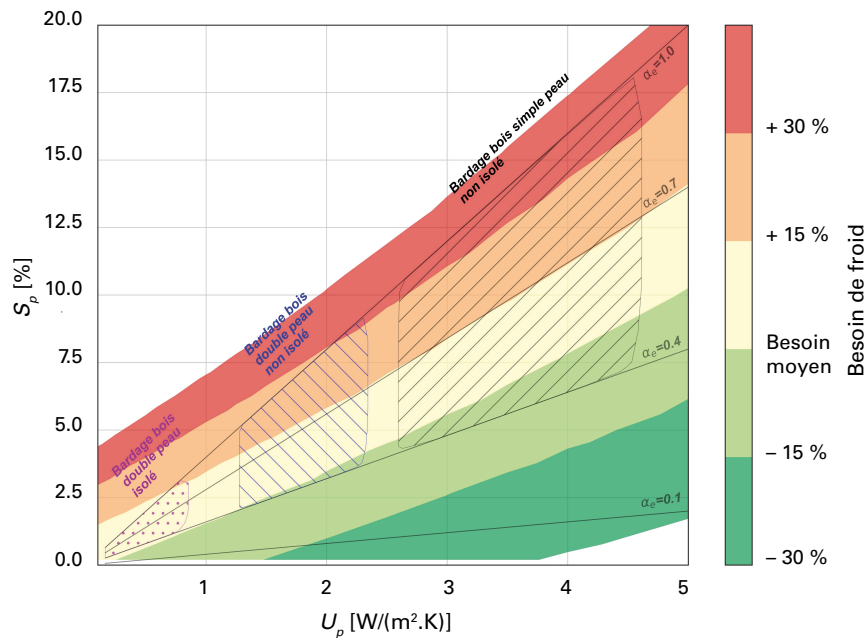


Figure 3 : Bardage en bois non ventilé.
Cartographie du besoin de froid en maison individuelle

FICHES PROCÉDÉS

6

Bardage en bois non ventilé

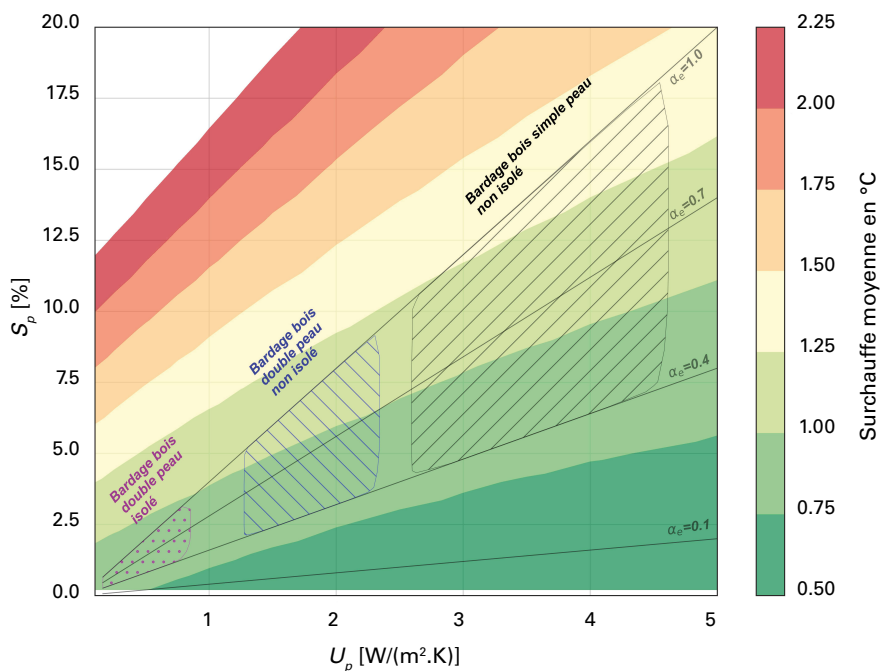


Figure 4 : Bardage en bois non ventilé.
Cartographie du confort thermique en logement collectif

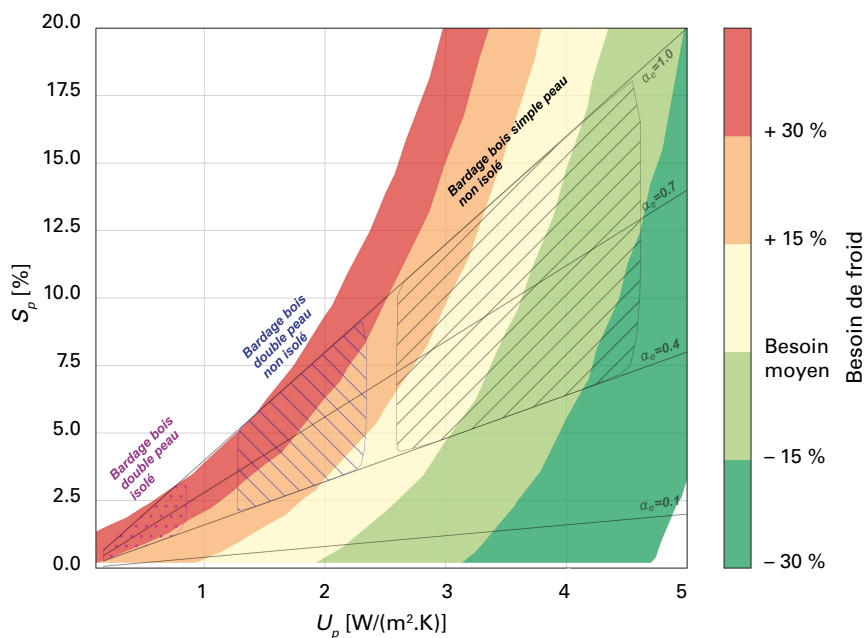


Figure 5 : Bardage en bois non ventilé.
Cartographie du besoin de froid en logement collectif

Bardage en bois non ventilé

6

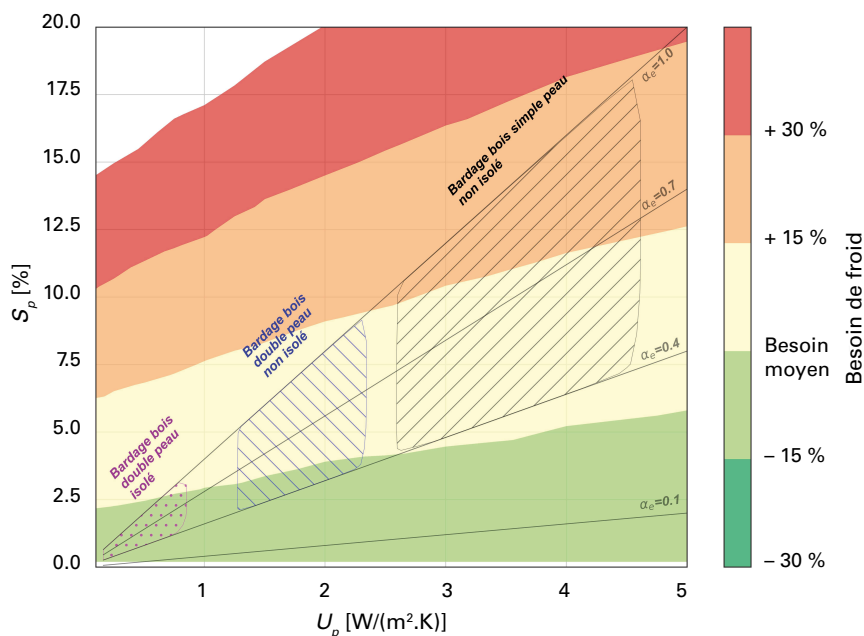


Figure 6 : Bardage en bois non ventilé. Cartographie du besoin de froid en bureau

3. Levier d'amélioration de la performance thermique

3.1 Paramètres clés de la performance thermique

Les paramètres les plus impactants sont le coefficient d'absorption énergétique extérieure utile $\alpha_{e,u}$ du bardage et le niveau d'isolation de la paroi.

3.2 Verrous technologiques

L'ajout d'une couche d'isolation peut soulever des questions relatives à la sécurité incendie en fonction de la nature du parement intérieur et de l'isolant choisi.

La diminution du coefficient d'absorption énergétique extérieure du bardage en bois est limitée dans le temps par les questions relatives à la durabilité. Des justificatifs techniques devraient donc être produits en ce sens.

FICHES PROCÉDÉS

6

Bardage en bois non ventilé

3.3 Pistes de R&D possibles

Tableau 1 : Leviers d'amélioration

Paramètres clés	Leviers	Verrous technologiques	Renvoi
Permettre une ventilation du bardage (cas du double peau isolé)	Mise en place de sections de ventilation haute et basse	Garantir la non-intrusion de nuisibles (insectes, rongeurs, etc.) Sécurité incendie à justifier selon typologie de bâtiment	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
Coefficient d'absorption α_e	Utilisation de revêtements à faible absorption (teintes claires ou teintes avec forte réflexion dans infrarouges proches)	Justifier la durabilité et la limitation de l'encrassement de ce revêtement	Fiche « Durabilité des paramètres clés » (Partie 5)
Coefficient de transmission thermique U_p	Diminution de la conductivité thermique de l'isolant	-	-
	Augmentation de l'épaisseur de l'isolant entre montants	Tenue mécanique à justifier (cyclone, séisme)	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
	Augmentation de l'espacement entre montants	Tenue mécanique à justifier (cyclone, séisme)	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
	Mise en œuvre d'une seconde couche d'isolant par l'intérieur	Changement de mode de construction (doublage par l'intérieur) Tenue mécanique à justifier (séisme) Sécurité incendie à justifier selon typologie de bâtiment	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)

4. Durabilité

La durabilité du coefficient d'absorption énergétique des revêtements du bardage en bois dépend de la capacité du revêtement à conserver cette propriété dans le temps du fait des diverses agressions climatiques spécifiques, notamment :

- chaleur, humidité, chocs thermiques et UV ;
- corrosion (sur les éléments de fixation métalliques) ;
- encrassement.

Bardage en bois non ventilé

6

La durabilité de la résistance thermique de l'isolant dépend essentiellement des cycles chaleur et humidité rencontrés localement.

La justification de la durabilité de tous les paramètres clés se fait par des méthodes expérimentales définies dans [la fiche « Durabilité »](#).

5. Limiter les risques de pathologies dues à l'humidité

Le système comporte :

- un parement intérieur en bois (celui-ci peut se charger en humidité) ;
- avec ou sans un isolant dont les caractéristiques hygrothermiques sont très différentes d'un produit à l'autre.

Le bardage en bois doit être traité contre l'humidité pour permettre une résistance à l'absorption de la pluie battante et aux développements fongiques.

L'étanchéité globale à l'eau du procédé doit être soignée pour assurer la durabilité de l'ouvrage, notamment la partie basse du bardage car plusieurs phénomènes pourraient réduire la durabilité :

- les remontées capillaires qui doivent être convenablement traitées ;
- le rejaillissement de la pluie battante.

Sans climatisation intérieure, ce système de parois isolées ou non est soumis à des températures et des humidités relatives intérieures et extérieures assez proches. Le flux de vapeur peut transiter à travers la paroi aussi bien dans un sens que dans l'autre.

Le type de parement intérieur va pouvoir freiner plus ou moins les transferts d'humidité provenant de l'intérieur de l'habitat suivant sa nature.

A priori, il n'y aura pas de risque de condensation dans la paroi. Cependant, plus l'épaisseur (ou la résistance thermique) de l'isolation est importante, plus la paroi se rapproche des limites admissibles pour éviter toute condensation.

Dans cette configuration, il est inutile de mettre un pare-vapeur entre le revêtement intérieur et l'isolant.

Il faut limiter les produits hygrosensibles car les humidités relatives et les teneurs en eau dans l'air et dans la paroi sont importantes. Pour un isolant biosourcé ou pour du bois, le risque de développement fongique est considérable. Il est recommandé d'utiliser des produits ne permettant pas de développement fongique à 95 % HR.

Lorsqu'une climatisation est activée dans un local, la température intérieure sera fortement abaissée. Au vu des résultats sans climatisation, le parement intérieur pourrait se charger en humidité et créer des condensations. Pour éviter les condensations, il est recommandé que le climatiseur régule la température mais aussi l'humidité relative afin que celle-ci ne soit pas trop

FICHES PROCÉDÉS

6

Bardage en bois non ventilé

élevée. En particulier, les flux de vapeur peuvent s'inverser fréquemment et conduire à l'apparition de condensation sur la face intérieure de l'isolant. Cette condensation peut être paradoxalement accentuée par la mise en œuvre d'un pare-vapeur intérieur.

Le choix de l'isolant ayant un impact important sur les risques de condensation, il faut être particulièrement attentif à l'utilisation de produits biosourcés. En effet, une condensation nocturne peut apparaître même dans le cas d'un bâtiment non climatisé.

Il convient d'appliquer avec précaution les dispositifs présentés dans les règles de l'art habituellement conçues pour la France métropolitaine, notamment parce que les conditions climatiques ne sont pas les mêmes.

Bardage métallique isolé et panneaux sandwichs métalliques en bardage

7

1. Descriptif

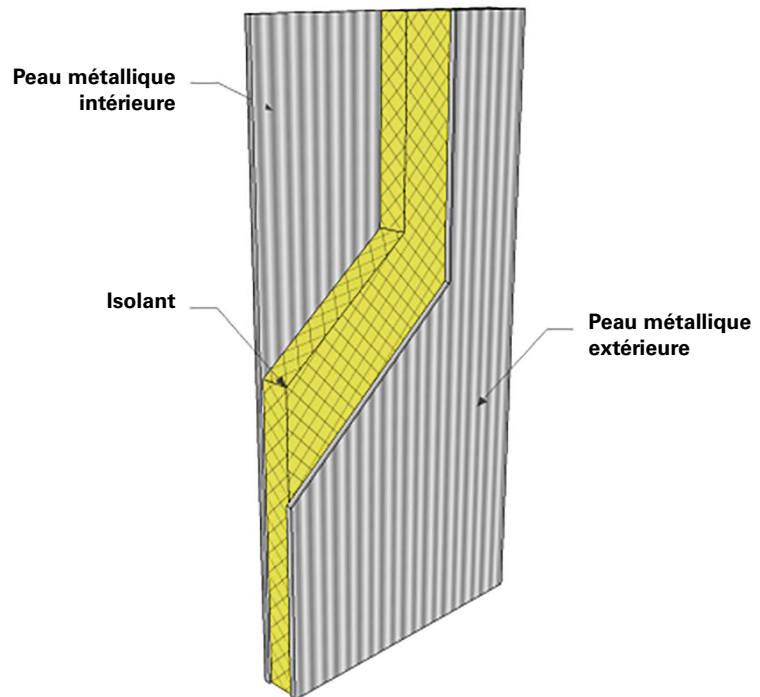


Figure 1 : Bardage double peau métallique isolé

Il existe deux familles de bardages métalliques isolés, très majoritairement utilisés en tertiaire à ce jour :

- panneaux sandwichs métalliques : panneaux de grandes dimensions s'assemblant par emboîtement et fixés sur une structure portante. Chaque panneau est constitué de deux parements métalliques fins et d'une âme en matériau isolant rigide, le plus souvent de la mousse rigide de polyuréthane ou de la laine de roche ;
- bardage double peau métallique : fixée sur une structure portante, la peau intérieure est constituée de plateaux métalliques munis d'ailes entre lesquelles est inséré un isolant souple. La peau extérieure est fixée sur les ailes des plateaux ou sur une ossature secondaire en aménageant une ventilation.

2. Performances thermiques

La performance thermique est représentée figure 2 par une carte en couleur exprimant le besoin énergétique de refroidissement (ou besoin de froid) dans un plan dont l'axe des abscisses est le coefficient de transmission thermique surfacique U_p et celui des ordonnées le facteur solaire des parois opaques S_p .

FICHES PROCÉDÉS

7

Bardage métallique isolé et panneaux sandwichs métalliques en bardage

Le besoin énergétique de refroidissement est exprimé ici en pourcentage % d'augmentation ou de diminution par rapport à un besoin moyen du bâtiment étudié ([voir les principes de lecture](#)).

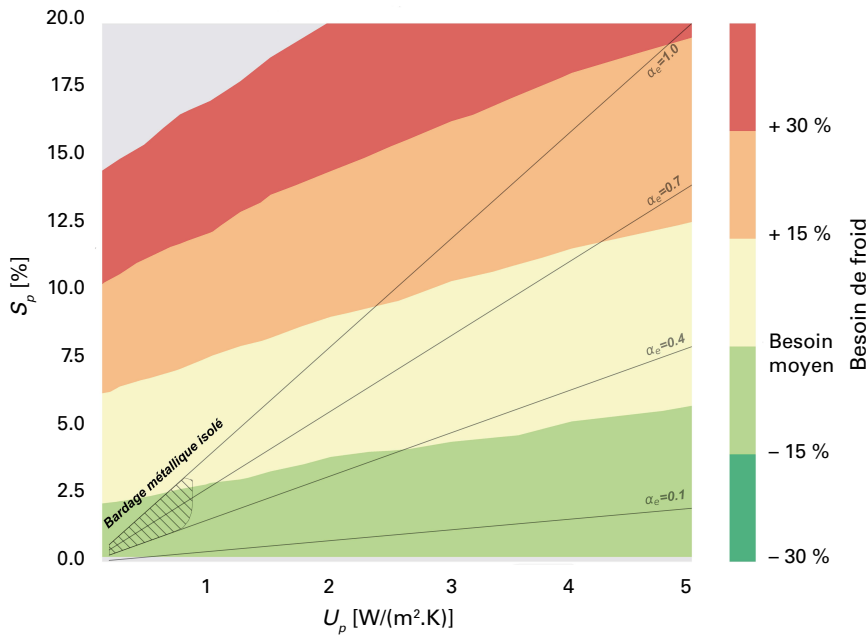


Figure 2 : Bardage métallique isolé. Cartographie du besoin de froid en bureau

3. Levier d'amélioration de la performance thermique

3.1 Paramètres clés de la performance thermique

Les deux paramètres les plus impactants sont :

- la résistance thermique utile de l'isolant R_i ;
- le coefficient d'absorption énergétique extérieur utile $\alpha_{e,u}$ du bardage.

3.2 Verrous technologiques

Pour ce qui concerne les panneaux sandwichs métalliques, l'amélioration de la transmission thermique est limitée par le nombre de fixations nécessaires pour assurer la tenue mécanique sur la structure porteuse de l'ensemble (effets du vent, flèche maximale, résistance aux chocs et au poids propre, etc.). La cohésion de l'isolant et son adhérence sous l'effet du poids propre limitent également son épaisseur.

Pour les bardages double peau, la rigidité nécessaire des plateaux sous l'effet des sollicitations mécaniques (vent, choc, cyclone, etc.) limite la largeur des plateaux et leur épaisseur, donc la performance thermique du système.

Bardage métallique isolé et panneaux sandwichs métalliques en bardage

7

L'ajout d'une couche d'isolation peut soulever des questions relatives à la sécurité incendie en fonction de l'isolant choisi.

3.3 Pistes de R&D possibles

3.3.1 Panneaux sandwichs

Tableau 1 : Leviers d'amélioration

Paramètres clés	Leviers	Verrus technologiques	Renvoi
Coefficient de transmission thermique U_p	Diminution de la conductivité thermique de l'isolant	-	-
	Augmentation de l'épaisseur de l'isolant entre parements	Changement de mode de fixation sur la structure porteuse : tenue mécanique à justifier (cyclone, séisme)	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
Coefficient d'absorption α_e	Utilisation de revêtements à faible absorption (teintes claires ou teintées avec forte réflexion dans infrarouges proches)	Justifier la durabilité et la limitation de l'encrassement de ce revêtement	Fiche « Durabilité des paramètres clés » (Partie 5)

3.3.2 Bardage double peau

Tableau 2 : Leviers d'amélioration

Paramètres clés	Leviers	Verrus technologiques	Renvoi
Coefficient de transmission thermique U_p	Diminution de la conductivité thermique de l'isolant	-	-
	Augmentation de l'épaisseur de l'isolant entre plateaux	Changement de mode de fixation sur la structure porteuse : tenue mécanique à justifier (cyclone, séisme) Risque d'affaissement de l'isolant à vérifier	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
	Utilisation d'isolants rainurés pour envelopper l'aile de plateau	Justifier la résistance mécanique des vis entretoise (cyclone, séisme, poids du bardage)	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)

FICHES PROCÉDÉS

7

Bardage métallique isolé et panneaux sandwichs métalliques en bardage

Paramètres clés	Leviers	Verrous technologiques	Renvoi
Coefficient de transmission thermique U_p	Augmentation de la largeur des plateaux	<i>Idem</i> + changement de mode de fixation du bardage	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
	Mise en œuvre d'une seconde couche d'isolant par l'extérieur	Compromis à trouver entre la limitation de la performance thermique du fait de l'écrasement de la seconde couche d'isolant et la tenue mécanique de la vis liée au porte-à-faux	Fiche « L'évaluation technique » (Partie 3)
Coefficient d'absorption α_e	Utilisation de revêtements à faible absorption (teintes claires ou teintées avec forte réflexion dans infrarouges proches)	Justifier la durabilité et de la limitation de l'encrassement de ce revêtement	Fiche « Durabilité des paramètres clés » (Partie 5)

4. Durabilité

La durabilité de la résistance thermique de l'isolant dépend essentiellement des cycles chaleur et humidité rencontrés localement.

La durabilité du coefficient d'absorption énergétique des revêtements du bardage métallique dépend de la capacité du revêtement à conserver cette propriété dans le temps du fait des diverses agressions climatiques spécifiques, notamment :

- chaleur, humidité, chocs thermiques et UV ;
- corrosion ;
- encrassement.

La justification de la durabilité de tous les paramètres clés se fait par des méthodes expérimentales définies dans la [Partie 5 « Durabilité des paramètres clés »](#).

5. Limiter les risques de pathologies dues à l'humidité

Le système comporte :

- un isolant dont les caractéristiques hygrothermiques sont très différentes d'un produit à l'autre ;
- un parement intérieur métallique.

Bardage métallique isolé et panneaux sandwichs métalliques en bardage

7

Le panneau sandwich isolé comporte deux peaux très étanches aux transferts de vapeur d'eau. Il est important de bien respecter et de s'assurer d'une mise en œuvre correcte, notamment pour les différents points singuliers. Effectivement, si un point de passage de la vapeur d'eau est créé sur un des parements mais pas sur l'autre, une accumulation de la vapeur d'eau peut exister et ainsi dégrader l'isolant, voire créer un développement fongique.

L'étanchéité à l'eau globale du procédé doit être soignée pour assurer la durabilité de l'ouvrage.

Les remontées capillaires doivent également être convenablement traitées, notamment en partie basse de l'isolant.

Sans climatisation intérieure, ce système de paroi isolée est soumis à des températures et des humidités relatives intérieures et extérieures assez proches. Le flux de vapeur peut transiter à travers la paroi aussi bien dans un sens que dans l'autre.

Le type de parement intérieur va bloquer les transferts d'humidité provenant de l'intérieur de l'habitat. Les points singuliers sont à traiter avec rigueur car le moindre passage de vapeur d'eau d'un côté de la paroi mais pas de l'autre peut entraîner un transfert de vapeur d'eau local et conséquent, ce qui pourrait conduire à des condensations ou à des développements fongiques.

Dans cette configuration, il est inutile de mettre un pare-vapeur entre le parement intérieur et l'isolant.

Il faut limiter les produits hygroscopiques car les humidités relatives et les teneurs en eau dans l'air et dans la paroi sont importantes. Pour un isolant biosourcé ou pour du bois, le risque de développement fongique est considérable. Il est recommandé d'utiliser des produits ne permettant pas de développement fongique à 95 % HR.

Lorsqu'une climatisation est activée dans un local, la température intérieure sera fortement abaissée, ce qui pourrait créer des développements fongiques si l'isolant est de type biosourcé. En particulier, les flux de vapeur peuvent s'inverser fréquemment et conduire à l'apparition de condensation sur la face intérieure de l'isolant.

Le choix de l'isolant ayant un impact important sur les risques de condensation, il convient d'être particulièrement attentif à l'utilisation de produits biosourcés. En effet, une condensation nocturne peut apparaître même dans le cas d'un bâtiment non climatisé.

Il convient d'appliquer avec précaution les dispositifs présentés dans les règles de l'art, habituellement conçues pour la France métropolitaine, notamment parce que les conditions climatiques ne sont pas les mêmes.

PARTIE 3

**Marques de qualité :
comment s'y retrouver ?**

Dans cette partie, on entend par « marques de qualité » toute information technique obligatoire ou volontaire qualifiant un produit ou un procédé de construction sur le marché.

Il est dès lors important de distinguer les informations à **caractère obligatoire pour la mise sur le marché** ([réglementations](#) et [marquage CE](#) dans certains cas) de celles qui relèvent d’une **démarche volontaire** permettant d’ouvrir certains marchés en rassurant la maîtrise d’ouvrage ([évaluation](#)) et en apportant une plus-value concurrentielle quant au suivi indépendant de la qualité de la production ([certification](#)).

FICHES QUALITÉ

1

Les réglementations

Les produits et les procédés de construction mis sur le marché doivent respecter les exigences réglementaires en vigueur. Une liste non exhaustive de ces réglementations est fournie ci-dessous :

- réglementation thermique Guadeloupe : [fiche focus « La réglementation thermique à la Guadeloupe \(RTG\) »](#) ;
- réglementation qualité de l’air intérieur (étiquetage) ;
- réglementation substances dangereuses (REACH) ;
- réglementation biocides ;
- réglementation qualité environnementale et sanitaire des produits de construction ;
- réglementation acoustique ;
- réglementation incendie :
 - bâtiments d’habitation : arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l’incendie des bâtiments d’habitation modifié par arrêté du 18 août 1986 et complété par arrêté du 19 décembre 1988 puis modifié par arrêté du 19 juin 2015,
 - établissements recevant du public (ERP) : arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d’incendie et de panique dans les ERP modifié (nombreux modificatifs successifs),
 - immeubles de grande hauteur (IGH) : arrêté du 30 décembre 2011 portant règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d’incendie et de panique,
 - établissement relevant du Code du travail :
 - décret n° 92-332 (nouveaux établissements) ;
 - décret n° 92-333 (établissements existants) ;
 - arrêté du 5 août 1992 modifié (arrêtés des 3 octobre 1995 et 22 septembre 1998) ;
- réglementation sismique ;
- réglementation accessibilité.

Les décrets et les arrêtés en vigueur sont accessibles sur www.legifrance.gouv.fr

À noter que l’ensemble de ces réglementations ne vise pas forcément des caractéristiques propres aux produits ou aux procédés de construction mais peut, par exemple, viser le bâtiment dans son ensemble. Le cas échéant, toutes les réglementations ci-après ne s’appliquent pas forcément à tous les produits et les procédés de construction : il est de la responsabilité du fabricant de connaître et d’appliquer les exigences réglementaires auxquelles il est soumis.

Le marquage CE

2

Pour une mise sur le marché européen d’un produit de construction, conformément au règlement produit de construction n° 305/2011, la déclaration de performance (DoP : *Declaration of Performance*) et le marquage CE associé des produits est **obligatoire** depuis juillet 2013 lorsque :

- le produit est visé par une **norme européenne harmonisée**. Ce type de normes comporte une annexe ZA définissant les performances essentielles du produit déclarable et les différentes procédures à appliquer pour réaliser le marquage CE (essais, calculs statistiques, etc.). Dans cette annexe sont également précisés les niveaux d’attestation de conformité (AoC) requis pour chaque caractéristique, c’est-à-dire si les DoP-marquage CE se font sur la base de la seule déclaration du fabricant (niveau 4 : aucune intervention d’un tiers) ou s’il s’agit d’un processus avec essais et audits par des organismes tiers reconnus par l’État français et appelés « organismes notifiés » (niveau 1 +) ;
- le produit-procédé de construction fait l’objet d’une **évaluation technique européenne** (ETE, ou *ETA*, en anglais). *Nota* : avant le 1^{er} juillet 2013, ces documents s’appelaient « agréments techniques européens » (ATE, ou *ETA*, en anglais).

Ainsi, **en l’absence de norme européenne harmonisée ou d’ETE-ETA visant le produit-procédé de construction, le fabricant n’est pas obligé de marquer son produit CE**. Cependant, s’il souhaite le marquer CE, la première étape est de demander une évaluation technique européenne (ETE). Pour délivrer cette ETE, il est tout d’abord nécessaire d’élaborer un document d’évaluation européen (DEE, ou *EAD*, en anglais).

Ce marquage CE constitue une sorte de « carte d’identité » du produit intrinsèquement, mais ne fournit aucune information relative à la satisfaction aux lois et réglementations en vigueur qui ne peuvent être examinées qu’à l’échelle de chaque pays tant les réglementations nationales peuvent être différentes.

Le CSTB propose des [essais](#) permettant de renseigner en partie le marquage CE de certains produits.

L’appréciation de l’aptitude à l’emploi du produit pour les différents usages auquel il peut prétendre n’est également pas visée par le marquage CE. Ce dernier peut ainsi s’avérer parfois insuffisant sur le marché français. Certains acteurs, notamment pour des questions assurantielles, sont demandeurs d’[évaluation](#) (ATEX, Avis Technique, document technique d’application). De même, en complément au marquage CE, l’attribution d’une marque de [certification](#) peut être de nature à rassurer le marché du fait de l’intervention d’un tiers de confiance dans le contrôle des caractéristiques essentielles des produits.

FICHES QUALITÉ

3

L'évaluation technique

1. L'évaluation technique en quelques mots

L'évaluation technique est une démarche **volontaire**. Elle consiste en une **vérification de la satisfaction aux réglementations en vigueur** (obligatoires même si une démarche d'évaluation n'est pas faite), et en une **évaluation de l'aptitude à l'emploi** et de la **durabilité en œuvre**. Elle porte par conséquent sur le couple produit-emploi. Ainsi, si un produit est destiné à différents usages, plusieurs évaluations peuvent être nécessaires.

Elle est potentiellement applicable à tout procédé de construction sortant du domaine traditionnel, c'est-à-dire ne rentrant pas dans le domaine d'application d'un document technique unifié (DTU), de règles professionnelles acceptées par la commission prévention produit (C2P) ou de recommandations professionnelles RAGE. L'évaluation technique permet de rassurer l'ensemble des acteurs de la filière (architectes, assureurs, contrôleurs techniques, etc.) sur la limitation des risques engendrés pour la diffusion d'une innovation sur le terrain.

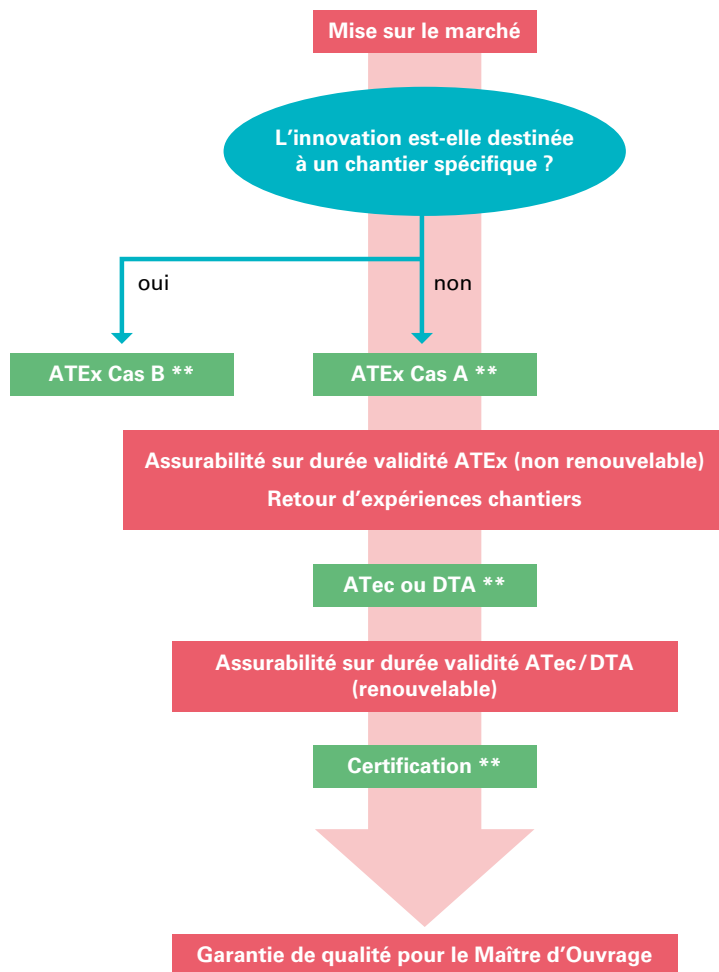
Ainsi, sur le marché français, donc guadeloupéen, il est fort probable que les acteurs (en particulier les assurances et les contrôleurs techniques) demandent une évaluation par tierce partie (notamment ATEx ou Avis Technique) surtout pour des questions assurantielles (garantie décennale spécifique à la France).

L'évaluation technique

3

2. Le processus d'évaluation

La figure 1 positionne les différents jalons d'évaluation dans le processus d'innovation.



** Démarches volontaires (donc facultatives) apportant potentiellement un avantage compétitif au produit fabriqué

Figure 1 : Processus d'évaluation

FICHES QUALITÉ

3

L'évaluation technique

3. Les différentes procédures

Selon la maturité de l'innovation technique, plusieurs procédures d'évaluation sont possibles.

3.1 L'appréciation technique d'expérimentation (ATEx)

L'appréciation technique d'expérimentation (ATEx) concerne des procédés de construction novateurs ne disposant pas encore d'un retour d'expérience terrain significatif. Trois cas sont possibles :

- ATEx de cas A : pour un produit ou un procédé de construction applicable sur différents chantiers (pour un domaine d'emploi défini) et pour une durée limitée. Il s'agit typiquement de permettre une expérimentation sous contrôle et limitée dans la durée pour capitaliser du retour terrain en vue d'obtenir ensuite un Avis Technique (ou un DTA) ;
- ATEx de cas B : pour un produit ou procédé de construction intégré spécifiquement dans un projet de réalisation identifié. Il s'agit en général d'ouvrages à fort caractère architectural : IGH tertiaires, musées, etc. ;
- ATEx de cas C : pour un produit ou un procédé de construction ayant fait l'objet d'une ATEx de cas B à caractère favorable et utilisé dans un nouveau projet de réalisation expérimentale identifié.

L'ATEx est instruite par un rapporteur désigné par le CSTB. Le rapporteur est choisi selon des critères de compétences et de proximité avec l'expérimentation envisagée : personne experte du domaine concerné (cas A) ou chargée du contrôle technique du chantier concerné (cas B ou C).

Elle est délivrée par un groupe d'experts constitué spécifiquement par le CSTB selon leur expertise pour valider l'aptitude à l'emploi sur les exigences essentielles de sécurité et les risques de pathologie. Elle est utilisée généralement en préalable à la procédure d'Avis Technique pour permettre à une technique novatrice de faire ses preuves sur des chantiers de référence en préalable à la démarche d'Avis Technique.

3.2 L'Avis Technique (ATec)

L'Avis Technique (ATec) est un avis formulé par un groupe d'experts, appelé « groupe spécialisé » (GS), sur l'aptitude à l'emploi d'un procédé de construction lorsque ce dernier, dans sa composition et dans sa mise en œuvre, sort du champ d'application des règles de l'art. Il est délivré pour une durée de validité à l'appréciation du groupe d'experts, variant de deux à sept ans. Si le procédé de construction visé est déjà soumis à un marquage CE, les groupes d'experts délivrent un document technique d'application (DTA) dont le principe est similaire à l'Avis Technique, à ceci près que les performances intrinsèques du procédé de construction sont issues de marquage CE associé.

La délivrance d'un Avis Technique (ou d'un DTA) est encadrée par une procédure réglementaire régie par l'arrêté du 21 mars 2012. Il est délivré

L'évaluation technique

3

par la CCFAT (commission chargée de formuler des Avis Techniques) qui constitue des groupes d'experts par domaine d'application (plancher, étanchéité, isolation, assainissement, etc.) chargés de formuler un avis.

4. Et à la Guadeloupe ?

L'évaluation en métropole se révèle être positive. On le voit avec l'exemple des pathologies d'étanchéité en toiture-terrasse au niveau des relevés périphériques qui sont extrêmement complexes à traiter. Le nombre de pathologies observées a été considérablement réduit grâce à la procédure d'Avis Technique.

Les procédures d'évaluation bien assimilées en métropole sont cependant encore peu développées dans les territoires d'outre-mer. Les raisons sont multiples : les habitudes constructives très ancrées avec des filières industrielles très localisées, leur complexité et leur coût jugés trop contraignants, etc.

À titre d'illustration, le tableau 1 suivant liste le nombre d'Avis Techniques et d'ATEX pour un domaine d'emploi revendiqué en territoire ultramarin en fonction des différentes familles.

Tableau 1 : Avis Techniques et ATEX en DROM¹ selon les familles de procédés de construction

Famille de procédés de construction	Avis Techniques (ou DTA) valables en DROM	ATEX cas A ou B en DROM	Remarques
Mur en blocs de béton	5	–	Valables à La Réunion
Mur en blocs de terre comprimés	–	2	Une ATEX pour la Guyane, l'autre pour Mayotte
Couverture métallique	2	1	Dont un DTA visant la Guadeloupe en toiture « froide » (ventilée en sous-face)
Panneaux sandwichs métalliques	1	–	Aucun procédé de construction ne vise la Guadeloupe (La Réunion et Mayotte visées dans l'ATec)
Isolation par l'extérieur sous enduit (ETICS)	3	–	Aucun procédé de construction ne vise la Guadeloupe (ATEX valables hors zone de sismicité 5)

1. Département et région d'outre-mer.

Il convient de rappeler que les procédures d'évaluation ne visent que les procédés de construction novateurs et qu'un certain nombre de procédés de construction sont dits « traditionnels », c'est-à-dire que la description des matériaux et la mise en œuvre sont couvertes par une norme NF DTU, des règles professionnelles ou des recommandations professionnelles RAGE. L'adéquation de ces DTU aux

FICHES QUALITÉ

3

L'évaluation technique

spécificités de certains DROM fait l'objet de travaux au sein du programme PACTE, notamment : www.programmepacte.fr/adaptation-des-normes-nf-dtu-aux-specificites-de-lile-de-la-reunion-mise-en-place-dune-commission.

Ce travail de fond d'adaptation des règles de l'art aux DROM ne doit cependant pas freiner la diffusion d'innovations locales. Ainsi, **la procédure d'ATEX de cas A semble particulièrement bien adaptée au contexte de la Guadeloupe** car elle permet une application de la technique constructive sur plusieurs bâtiments de même nature, ce qui correspond bien aux modes de construction guadeloupéens plutôt homogènes du fait des filières locales.

La constitution d'un dossier technique est une étape préalable à toute demande d'évaluation et doit comporter tout ou partie des éléments suivants :

- description du produit ou du procédé de construction (via la description des différents composants) ;
- domaine d'emploi ;
- prescriptions de dimensionnement (si applicables) ;
- prescriptions de mise en œuvre (schémas, par exemple) ;
- liste de références chantier ;
- justificatifs divers : rapports d'essai, DoP, marquage CE, etc.

Des [prestations d'accompagnement](#) en amont de l'instruction de la demande d'évaluation peuvent être proposées à l'industriel afin de l'assister au montage de ce dossier technique.

Attention cependant, **une ATEX de cas A n'est valable que pour une durée fixée (typiquement deux ou trois ans) au-delà de laquelle aucune prolongation et aucun renouvellement ne sont envisageables**. La suite naturelle est alors de déposer une demande d'Avis Technique (ou de DTA), document qui peut être renouvelable régulièrement.

1. La certification en quelques mots

- Démarche **volontaire**.
- Délivre une marque de qualité assurant la conformité de certaines caractéristiques essentielles du produit au référentiel de certification propre à chaque marque.
- La marque est délivrée par un organisme certificateur indépendant du fabricant.
- La certification implique un contrôle en usine par l'organisme certificateur du processus de fabrication et des procédures d'autocontrôle.
- Un suivi des caractéristiques essentielles est également réalisé par prélèvement par l'organisme certificateur et par des tests de conformité suite à des essais de suivi dans le laboratoire de la marque, indépendant du fabricant.
- Ainsi, la certification rassure le consommateur quant à la **constance de la production**.

2. Les différentes marques

Différentes marques de certification existent pour les procédés de construction : par exemple, marques NF (ex. : NF 547 pour les entrevous en polystyrène), CTB (pour les composants à base de bois).

Concernant les produits isolants, citons les marques suivantes :

2.1 ACERMI

L'Association pour la certification des matériaux isolants est une association loi 1901, créée en 1983 par le CSTB et le LNE (Laboratoire national de métrologie et d'essais) qui ont conçu la marque de certification ACERMI. L'association a pour objet de délivrer des certificats de qualification dans le domaine des matériaux et des produits isolants manufacturés, au sens de la loi n° 78-23 du 10 janvier 1978.

Depuis sa création, le nombre de produits certifiés ACERMI a constamment augmenté jusqu'à atteindre 837 certificats en 2017. 143 usines fabriquent des produits certifiés en 2017 (dont 77 en France et 66 implantées dans le reste de l'Europe).

FICHES QUALITÉ

4

La certification

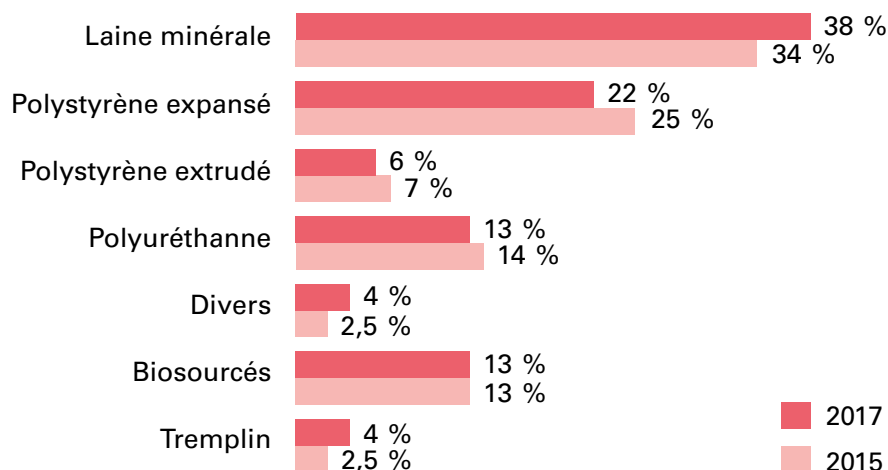


Figure 1 : Répartition par famille des certificats ventilés

La répartition des certificats ventilés par grandes familles de produits est la suivante : laine minérale (38 %), polystyrène expansé (22 %), polyuréthane (13 %), biosourcés (13 %), polystyrène extrudé (6 %), autres produits isolants (4 %) et les produits instruits sous référentiel « tremplin » (4 %).

Sous la dénomination « tremplin » se cache une grande variété de nouveaux isolants qui peuvent bénéficier dans un premier temps, grâce à cette procédure rapide, de la reconnaissance d'ACERMI sur le volet thermique. On peut noter la validation de nouveaux programmes d'essais qui ont donné lieu à des certificats sur de nouvelles familles comme les rupteurs thermiques, les caissons chevronnés ou les panneaux sous vide, les panneaux sandwichs isolants, le PSE perforé, le béton cellulaire, l'ouate de polyester, le bloc coffrage isolant avec une sous-famille de planelles isolantes, les billes de polystyrène soufflées avec liant, etc. Du fait du caractère novateur de ces produits, une évaluation technique favorable (ATec ou ATEEx) est un préalable nécessaire à toute demande de certification via ce référentiel « tremplin ».

Pour les fabricants qui le souhaitent, l'ACERMI a ajouté une annexe sur l'usage. Une matrice croisant vingt-neuf familles de produits isolants avec trente-deux usages différents (domaine d'emploi visé) a été réalisée. Pour chaque couple famille de produits-usage, une description des caractéristiques minimales attendues a été rédigée en lien avec les documents techniques unifiés, les règles ou les recommandations professionnelles, les Avis Techniques, les documents techniques d'application ou les appréciations techniques d'expérimentation (ATEX) de cas A à caractère favorable.

Avec cette notion d'usage intégrée à la certification, l'ACERMI va au-delà des normes européennes qui concernent uniquement les caractéristiques intrinsèques de chaque isolant en sortie d'usine. En effet, la certification ACERMI précise, sur la base des référentiels de mise en œuvre, l'aptitude de l'isolant à l'usage revendiqué par l'industriel. Par exemple, pour qu'un isolant soit apte à être appliqué au sol, il doit avoir une certaine résistance mécanique à la compression et au fluage : il s'agit donc bien d'une performance liée à sa pose, à son usage.

2.2 Marques QB

Pour certains produits isolants n'entrant pas dans les attributions de l'ACERMI, des marques de certification QB sont proposées par le CSTB. Citons, par exemple, la QB 23 visant les polyuréthanes projetés *in situ* et qui intègre des produits destinés à être expansés directement sur chantier. Cette marque vise les applications en sols (PUP à cellules fermées), murs (cellules ouvertes ou fermées) et toitures (cellules ouvertes ou fermées). Du fait du caractère novateur de ces produits, une évaluation technique favorable (ATec ou ATE_x) est un préalable nécessaire à toute demande de certification.

Au-delà des seuls produits d'isolation, d'autres marques de certification existent sur des procédés de construction contribuant à la performance thermique : par exemple, sur les blocs pour maçonnerie QB 07.

3. Et à la Guadeloupe ?

Seuls trois titulaires ACERMI, fabricants de PSE, produisent directement dans les DROM : deux sur l'île de La Réunion et un à la Guadeloupe. Un référentiel technique existe à l'ACERMI pour la certification des produits réfléchissants, bien que le lien direct avec les performances de ces produits sur la réduction des facteurs solaires en climat DROM n'y soit pas explicité.

À noter l'existence d'une extension dite « tropicale » pour la marque QB 07 concernant les blocs de béton et permettant en particulier de s'affranchir de justificatifs sur la tenue au gel des maçonneries.

À la date de rédaction de ce guide, il n'existe pas de titulaire de la marque QB 23 visant les produits en polyuréthane projeté *in situ* dans les Antilles. De même, aucun référentiel de certification n'existe à notre connaissance pour certifier les caractéristiques essentielles des tôles ondulées sur la réduction des facteurs solaires (coefficient d'absorption énergétique, par exemple).

Cependant, sur ces derniers points, une évaluation technique, permettant de déterminer les essais nécessaires et d'estimer la durabilité des performances, semble être un préalable nécessaire à toute certification *via* le référentiel « tremplin » de l'ACERMI ou *via* toute autre marque de certification.

PARTIE 4

**Paramètres clés spécifiques
à la Guadeloupe**

La conductivité thermique d'un matériau dépend de la température et de la teneur en eau de l'environnement dans lequel il est mis en œuvre. Les propriétés thermiques des parois (U et S) qui dépendent de la conductivité thermique vont donc également être influencées par ce paramètre.

La conductivité thermique déclarée obtenue par une mesure en laboratoire dans des conditions de température et d'humidité conventionnelles doit donc être corrigée dans certains cas en fonction des conditions de température et d'humidité spécifiques du lieu de pose.

Dans le cas de la Guadeloupe, l'analyse des données météo montre que les conditions de température et d'humidité diffèrent sensiblement de celles couramment rencontrées en métropole. Dans le présent document, vous trouverez des tables de conversion de la conductivité thermique pour quelques familles de matériaux isolants et une estimation de l'impact des conditions spécifiques à la Guadeloupe sur la conductivité thermique.

En second lieu, ce document décrit la manière de calculer la transmission thermique surfacique d'une paroi qui peut dans certains cas être fortement impactée par le mode d'assemblage des matériaux isolants (ponts thermiques).

FICHES PARAMÈTRES CLÉS

1

Valeurs utiles de la conductivité thermique

On distingue principalement deux types de facteur de conversion : le facteur de conversion lié à la température du matériau F_T et le facteur de conversion lié à la teneur en humidité du matériau F_M .

La conductivité thermique utile dans les conditions réelles λ_2 se calcule à partir de la conductivité thermique déclarée dans les conditions conventionnelles initiales λ_1 à partir de la formule suivante :

$$\lambda_2 = \lambda_1 \times F_{T12} \times F_{M12}$$

avec :

F_{T1} : le facteur de conversion entre les conditions de température 1 et 2 (sans unité) ;

F_{M1} : le facteur de conversion entre les conditions d'humidité 1 et 2 (sans unité).

Les facteurs de conversion liés à la température et à l'humidité pour plusieurs types de matériaux sont donnés dans le tableau 1. Ces coefficients permettent de corriger les conductivités thermiques mesurées dans des conditions de laboratoire à 10 °C et 50 % d'humidité relative dans le cas d'une mise en œuvre à la Guadeloupe dans les conditions moyennes (25 °C, 80 % HR).

Tableau 1 : Facteurs de conversion selon la température et l'humidité pour différents matériaux

	Facteur de conversion			Correction à appliquer
	Humidité (F_M)	Température (F_R)	Totale ($F_R \times F_M$)	
Laine minérale	1,01	1,08	1,09	+ 9 %
Polystyrène expansé	1,01	1,06	1,07	+ 7 %
Isolants biosourcés	1,09	1,06	1,16	+ 16 %

Ces valeurs ont été déterminées sur la base des coefficients de conversion donnés dans la norme ISO 10456 et sur la base des courbes de sorption données dans le logiciel WUFI pour trois types de matériau.

Valeurs utiles des propriétés d'émissivité et d'absorption énergétique

2

À défaut de justifications tenant compte des phénomènes de corrosion et d'encrassement, la valeur utile d'émissivité ε_u à considérer pour les surfaces en contact avec l'extérieur, ou avec une lame d'air ventilée sur l'extérieur, est telle que :

$$\varepsilon_u = 0,9$$

À défaut de justifications tenant compte des phénomènes de corrosion et d'encrassement, la valeur utile d'absorption énergétique $\alpha_{e,u}$ à considérer pour les surfaces en contact avec l'extérieur sont données dans le tableau suivant en fonction de la teinte initiale $\alpha_{e,init}$ du revêtement :

- pour parois inclinées ou horizontales

$$\alpha_{e,u} = \begin{cases} 0,6 & \text{si } \alpha_{e,init} < 0,6 \\ \alpha_{e,init} & \text{sinon} \end{cases}$$

- pour parois verticales :

$$\alpha_{e,u} = \begin{cases} 0,4 & \text{si } \alpha_{e,init} < 0,4 \\ \alpha_{e,init} & \text{sinon} \end{cases}$$

Dans [la fiche « Durabilité »](#), un paragraphe décrit en effet les phénomènes pouvant dégrader la durabilité de ces propriétés optiques. Le cas échéant, une évaluation technique des justificatifs expérimentaux fournis permet d'utiliser des valeurs utiles moins sécuritaires.

FICHES PARAMÈTRES CLÉS

3

Valeurs conventionnelles des résistances superficielles

À défaut de justificatifs, les valeurs de R_{si} et R_{se} à considérer par défaut à la Guadeloupe sont telles que :

Tableau 1 : Valeurs de R_{si} et R_{se} à considérer par défaut à la Guadeloupe

Type de paroi	R_{si} [m ² .K/W]	R_{se} [m ² .K/W]
Toiture	0,10	0,04
Mur	0,13	

Source : « Règles Th-Bat », édition 2015, calculées pour des émissivités normales côtés intérieur et extérieur et pour une vitesse de vent moyenne extérieur de 4 m/s (correspondant aux vents moyens à la Guadeloupe).

À défaut de justificatifs, la valeur de h_e à considérer par défaut à la Guadeloupe est telle que :

$$h_e = 25 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$$

Cette valeur correspond à un vent moyen guadeloupéen de 4 m/s et à une émissivité normale de la face extérieure $\varepsilon_e = 0,9$.

Exemple de calcul

4

Le coefficient de transmission surfacique U_p correspond à l'indicateur utilisé pour caractériser la déperdition par transmission à travers une paroi finie. Il se calcule à partir des résistances thermiques de l'ensemble des couches de matériaux constituant une paroi, des résistances thermiques superficielles extérieure et intérieure (R_{se} et R_{si}) et des ponts thermiques de structure éventuellement présents dans la paroi.

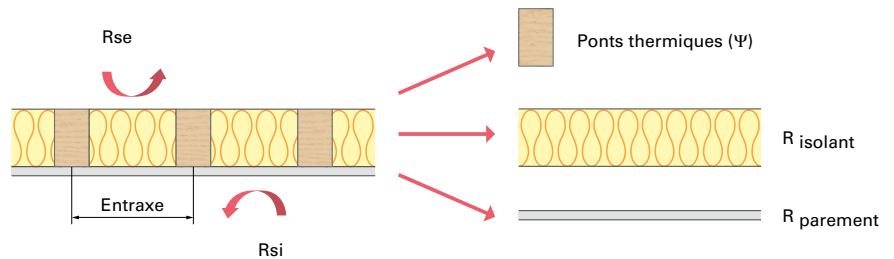


Figure 1 : Coefficient de transmission surfacique

Le coefficient U_p de la paroi se calcule à partir de la formule suivante :

$$U_p = \frac{1}{R_{se} + R_{isolant} + R_{parement} + R_{si}} + \Delta U$$

avec :

$$\Delta U = \frac{\Psi}{Entraxe}$$

La résistance thermique de l'isolant est proportionnelle à son épaisseur. Elle se calcule en divisant son épaisseur par sa conductivité thermique. Le tableau 1 ci-après donne à titre indicatif l'évolution de la résistance thermique d'un isolant en fonction de son épaisseur et de sa conductivité thermique.

Tableau 1 : Évolution de la résistance thermique d'un isolant en fonction de son épaisseur et de sa conductivité thermique

Épaisseur en cm	Résistance thermique d'un isolant en m².K/W							
	Conductivité thermique en W/(m.K)							
	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,065
4	1,60	1,33	1,14	1,00	0,89	0,80	0,73	0,67
5	2,00	1,67	1,43	1,25	1,11	1,00	0,91	0,83
6	2,40	2,00	1,71	1,50	1,33	1,20	1,09	1,00
7	2,80	2,33	2,00	1,75	1,56	1,40	1,27	1,17
8	3,20	2,67	2,29	2,00	1,78	1,60	1,45	1,33

La résistance thermique du parement est souvent beaucoup plus faible que celle de l'isolant. Elle est généralement comprise entre 0,05 m².K/W pour une plaque de plâtre de type BA13 et 0,15 m².K/W pour un parement en panneau en bois.

FICHES PARAMÈTRES CLÉS

4

Exemple de calcul

Le pont thermique induit par un élément de structure filant en bois varie entre 0,015 W/(m.K) et 0,045 W/(m.K) en fonction de l'essence de bois, de la section de l'élément et de l'épaisseur de l'isolant.

Le graphique figure 2 ci-après donne l'évolution du coefficient U_p pour une toiture en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour un isolant de conductivité thermique 0,04 W/(m.K) et pour plusieurs entraxes d'éléments de structure. Les valeurs de U_p sont calculées en supposant un parement de résistance thermique fixé à 0,1 m².K/W.

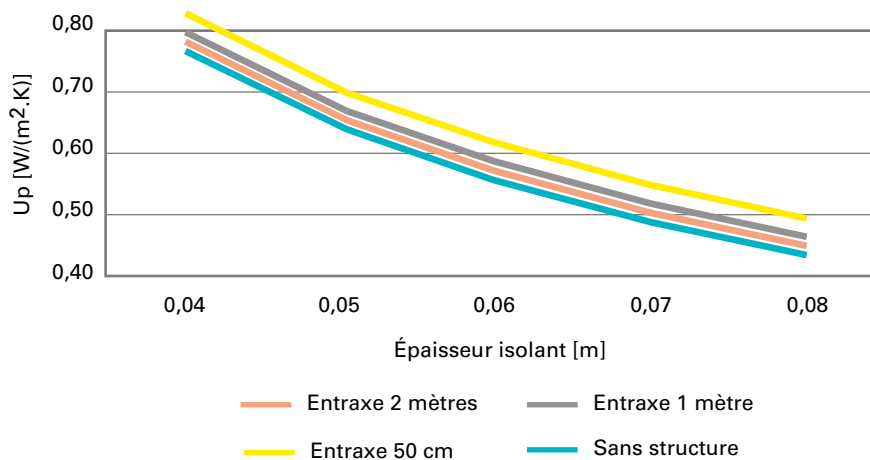


Figure 2 : Évolution du coefficient U_p en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour différents entraxes de structure en bois

En supposant l'absence de bardage ventilé pour le mur à ossature en bois, les valeurs de facteurs solaires s'obtiennent en utilisant la formule :

$$S_p = \frac{\alpha_e \cdot U_p}{h_e}$$

L'application de cette formule pour le cas avec entraxe entre ossatures de 50 cm mène au graphique suivant :

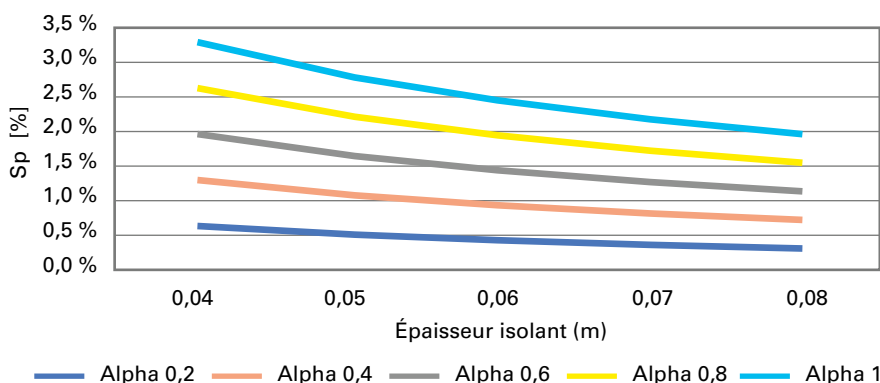


Figure 3 : Évolution du coefficient S_p en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour différents coefficients d'absorption énergétique extérieure

PARTIE 5

Durabilité des paramètres clés

Les paramètres clés, facteur solaire et résistance thermique ou coefficient de transmission thermique, définissent les caractéristiques thermiques des parois.

Ces paramètres dépendent des caractéristiques physiques des matériaux suivants :

- l'absorption solaire et son émissivité ;
- la conductivité thermique.

La durabilité de ces caractéristiques contribuera au maintien du confort thermique initial des bâtiments.

Absorption solaire et émissivité

1

Le coefficient d'absorption solaire d'une surface exprime, par un nombre compris entre 0 et 1 ou en pourcentage, le pourcentage de l'énergie radiante incidente absorbée par cette surface (ultraviolet, spectre visible et infrarouge). Pour les parois opaques, le rayonnement qui n'est pas absorbé est réfléchi.

Le coefficient d'absorption solaire est donc une propriété de surface et toute dégradation de cette dernière modifiera les propriétés thermiques de la paroi de façon d'autant plus importante que cette paroi n'est pas ou peu isolée.

L'émissivité d'une surface exprime, par un nombre compris entre 0 et 1 ou en pourcentage, le pourcentage de rayonnement thermique qu'une surface est capable d'émettre par rapport à une surface idéale (un corps noir). Une faible émissivité est généralement associée à une lame d'air (ventilée ou non) pour **réduire les apports solaires**.

1. Corrosion

1.1 Généralités

Les tôles métalliques utilisées comme revêtement extérieur de toiture et des parois verticales ont pour fonction de conférer à l'ouvrage une durabilité acceptable pour résister aux actions du vent, des UV, des pluies et des embruns marins.

La durabilité des revêtements métalliques prélaqués utilisés en condition d'exposition extérieure implique donc leur résistance à la corrosion et au vieillissement par les UV dans différents environnements.

1.2 Correspondance atmosphère-classement RC-RUV

En métropole, des tableaux de correspondance de classement RC-RUV et d'exposition sont utilisés pour évaluer la compatibilité des revêtements avec les lieux de pose.

Pour les revêtements prélaqués en aluminium, voir le tableau 1 ci-après.

FICHES DURABILITÉ

1

Absorption solaire et émissivité

Tableau 1 : Correspondance atmosphère-classement RC–RUV pour les revêtements prélaqués en aluminium

Classement RC (selon EN 1396)	Classement RUV (selon EN 1396)	Exposition atmosphérique extérieure								
		Rurale non polluée	Industrielle ou urbaine		Marine				Spéciale	
			Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer < 3 km*	Mixte	Fort UV	Particulière
RC2	RUV2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
RC2	RUV3	■	□	–	–	–	–	–	–	–
RC2	RUV4	■	■	–	–	–	–	–	■	–
RC3	RUV2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
RC3	RUV3	■	■	□	■	■	□	–	–	–
RC3	RUV4	■	■	□	■	■	■	□	■	□

■ Adapté à l'exposition.

□ Dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques doivent être arrêtés après consultation et accord du fabricant.

– Non adapté.

*Front de mer : consultation et accord du fabricant obligatoires.

Pour les revêtements en acier, voir le tableau 2 ci-après extrait de la norme NF P34-301.

Tableau 2 : Catégorie minimale des systèmes de revêtement des tôles en bandes préfabriquées à employer^{a)} en atmosphère extérieure^{b)}

	Atmosphères extérieures								
	Rurale non polluée	Urbaine ou industrielle		Marine				Spéciale	
		Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer < 3 km ^{c)}	Mixte	Fort UV	Particulière
Exigence minimale selon NF P 34-311	III	III	d)	III	IV	V	d)	VI	d)
Exigence minimale selon NF EN 10169 + A1 et exigences des § 7.6, 7.8 et 8	RC2	RC3	RC 4 ou RC 5 ^{d)}	RC 3	RC 4	RC 5	RC 5 ^{d)}	RC 4	d)
	RUV 2	RUV 2	RUV 2 ^{d)}	RUV 2	RUV 3	RUV 3	RUV 3 ^{d)}	RUV 4	

a) Toute catégorie de performance supérieure peut être utilisée.

b) Voir annexe b de la norme NF P 34-301.

c) À l'exclusion du front de mer pour lequel l'appréciation définitive ou la définition de dispositions particulières doit être arrêtée après consultation et accord du producteur.

d) Cas pour lequel l'appréciation définitive ou la définition de dispositions particulières doit être arrêtée après consultation et accord du producteur.

Pour les produits minces réfléchissants, en présence d'une lame d'air ventilée sur l'extérieur, il est également recommandé de réaliser des tests de corrosion, mais l'exposition étant moins sévère que pour les tôles, des essais de type brouillard salin constituent généralement un indicateur de tenue suffisant.

Absorption solaire et émissivité

1

1.3 Et à la Guadeloupe ?

À la Guadeloupe, comme pour l'ensemble des DOM-TOM, l'exposition atmosphérique extérieure est considérée comme spéciale notamment à cause du fort niveau d'exposition aux UV combiné au climat ultramarin.

1.3.1 Méthode de détermination des classements RC RUV (norme EN 10169)

La classification des revêtements en catégories de résistance à la corrosion RC et en catégories de résistance aux UV RUV est généralement basée sur le comportement au vieillissement naturel. Des essais en laboratoire peuvent également être réalisés pour évaluer le comportement au vieillissement artificiel et attribuer un classement.

1.3.2 Comportement au vieillissement naturel

Les revêtements sont exposés entre un et deux ans sur des sites de référence (Brest, par exemple). Le classement est attribué en fonction d'une combinaison d'observations de dégradation (taille des zones de délamination, cloquage, endommagement des plis, etc.) et de changement d'aspect (brillance ou couleur).

1.3.3 Comportement au vieillissement artificiel

Différents types d'exposition artificielle sont possibles en laboratoire en fonction des sollicitations désirées.

1.3.4 Exposition aux rayonnements UV ou solaires corrélée à des conditions différentes de température, d'humidité et d'arrosage

L'ensemble des normes NF EN ISO 4892-1 du 15 juillet 2016 (Plastiques – Méthodes d'exposition à des sources lumineuses de laboratoire – Parties 1, 2 et 3) couvrent une large gamme de conditions d'exposition et sont souvent reprises dans les normes produit autres que pour le plastique. Le temps d'exposition est de 1 500 à 4 000 heures.

La difficulté de ces normes est de corrélérer temps d'exposition artificiel et dégradation naturelle. En effet, cette corrélation est spécifique au processus de dégradation, donc aux matériaux, et les facteurs d'accélération du vieillissement ne seront pas les mêmes en fonction des produits.

La seule méthode possible consiste à mener en parallèle un vieillissement naturel et un vieillissement artificiel et à vérifier sur les performances pertinentes mesurées (taille des zones de délamination, cloquage, endommagement des plis, changement d'aspect, etc.) les correspondances entre les deux méthodes.

FICHES DURABILITÉ

1

Absorption solaire et émissivité

1.3.5 Exposition à des agents agressifs

Les revêtements sont exposés en laboratoire pendant plusieurs centaines d'heures à des conditions extrêmes allant du brouillage salin au brouillard acide. Le choix des agents agressifs est défini en fonction des lieux d'utilisation. Le temps d'exposition varie de quelque jours à plusieurs semaines.

La norme NF EN ISO 9227 du 3 juin 2017 (Essais de corrosion en atmosphères artificielles –Essais aux brouillards salins) est une norme générique pour ce genre d'essais. Elle est souvent référencée dans les normes produit. L'évaluation des dégradations est la résultante d'une combinaison d'observations ou des mesures types : taille des zones de délamination, cloquage, endommagement des plis, changement d'aspect comme la brillance ou la couleur.

2. Encrassement

Le terme d'« encrassement » recouvre un large spectre de phénomènes dépendant de l'environnement. La détérioration de la surface peut être due à l'empoussièremment, la pollution atmosphérique en tout genre et le développement organique. Elle dépendra aussi de la pluie, de l'humidité et de la température, ces derniers facteurs pouvant aussi bien favoriser que défavoriser le développement de l'encrassement de la surface. Par exemple, la pluie peut aussi bien laver ou rincer les surfaces qu'apporter des nutriments qui aideront au développement de matières organiques.

La multiplicité des variables et de leurs combinaisons explique sans doute la raison pour laquelle il n'existe pas dans le monde de la construction de tests spécifiques pour évaluer la nature et les conséquences de l'encrassement sur l'absorption solaire. Ainsi, pour prolonger la durée de vie des revêtements et leur permettre de conserver leurs performances initiales le plus longtemps possible, il est recommandé de réaliser un entretien régulier.

Une seule constatation générale peut être faite : l'encrassement augmente l'absorption solaire des surfaces réfléchissantes, donc les températures de surface.

Seuls les retours d'expérience de terrain avec observation sur produit, mise en œuvre et mesure *in situ* et en laboratoire pourraient permettre pour un lieu donné d'évaluer les vitesses d'encrassement et leur incidence sur les performances thermiques de l'élément de toiture ou de façade.

Une expérience de ce type a été lancée en exposant une série d'éprouvettes en milieux naturels (voir figure 1 ci-après).

Absorption solaire et émissivité

1



Figure 1 : Encrassement et absorption solaires

Afin de conserver l'aspect visuel des revêtements et de garantir la performance attendue dans le temps, il convient de procéder à un entretien régulier. Celui-ci repose sur deux actions principales : l'inspection annuelle et le lavage.

L'inspection annuelle : elle a pour but d'observer l'évolution de l'état des revêtements liée aux conditions d'exposition particulières du lieu de pose ou au confinement de certaines zones qui ne peuvent pas être lessivées naturellement. Ces observations permettent d'anticiper les dégradations précoces des revêtements. Il s'agit, par exemple, d'observer l'accumulation des feuilles dans les gouttières, la présence d'herbe, l'apparition des moisissures ou des poussières. Il s'agit également d'examiner les défauts comme les rayures ou les traces d'impacts qui peuvent conduire à une corrosion précoce ou de vérifier l'état des joints et des fixations assurant l'étanchéité de l'ouvrage.

Le lavage : il permet d'éliminer les saletés et les débris qui peuvent avoir une incidence sur la performance des revêtements et dégrader l'aspect visuel des ouvrages. On cite, par exemple, l'élimination des débris pouvant affecter la ventilation des lames d'air ou l'élimination de la poussière pouvant affecter l'absorption solaire des revêtements ou leur émissivité ([voir Partie 4 « Paramètres clés spécifiques à la Guadeloupe »](#)). Une attention particulière sera portée sur le nettoyage des zones non soumises à un lavage naturel.

FICHES DURABILITÉ

2

Conduction thermique

1. Contraintes climatiques

En fonction des procédés de construction et des techniques mis en œuvre, les contraintes mécaniques engendrées par les dilatations thermiques différentielles associées à l'humidité peuvent générer des dégradations (détachement ou délamination d'isolant, fissuration du matériau, etc.).

L'exposition solaire favorise les gradients de température entre les faces exposées et les faces à l'ombre ou des variations importantes de température suite aux alternances jour-nuit. Associées à l'humidité, ces contraintes thermiques peuvent être la source de désordres affectant les performances thermiques en accélérant, par exemple, la diffusion des gaz occlus qui assurent en partie la performance de certaines familles d'isolants.

Afin que les procédés de construction et les matériaux résistent à ces contraintes climatiques, il peut être intéressant :

- de tester les caractéristiques essentielles des produits isolants avant et après avoir subi un test de vieillissement artificiel pertinent constitué de cycles « température-humidité » ;
- de tenir compte de ces dilatations lors des mises en œuvre.

2. Développement fongique

Du fait des **sources d'humidité** variées présentes dans le bâtiment, les différents matériaux peuvent voir leur teneur en eau augmenter significativement, ce qui a un impact sur la tenue mécanique à terme de certains matériaux de structure et sur la durabilité de certains isolants.

En effet, les produits hygroscopiques, notamment les produits isolants biosourcés et les différents bois, présentent un comportement évoluant en fonction de la teneur en eau en masse (quantité d'eau contenue dans le produit par rapport à sa masse en kilo d'eau/kg de produit sec).

Pour respecter le fluage défini dans l'eurocode 5, l'élément de structure en bois doit être en dessous de 85 % HR, ce qui correspond à un équilibre hygroscopique de 20 % en masse à 20 °C (teneur en eau).

Les macromycètes, appelés communément « moisissures », sont des champignons microscopiques dont le développement dans un bâtiment est lié à un désordre hydrique et est favorisé par la présence de matériaux de construction et de décoration vulnérables (plaques de carton-plâtre, peintures en phase aqueuse, produits d'origine végétale, tissus, etc.).

Les principaux champignons rencontrés sont :

- la méréule : attaque si HR > 22 %, optimum 35 % ;
- le conioflore : attaque si HR > 40 %, optimum 50 % ;
- le lenzite : attaque si HR > 50 % ;
- le polypore : attaque si HR > 40 % ;
- la pourriture molle : attaque si HR > 50 %.

Conduction thermique

2

Pour les éléments non structuraux, la contrainte est « biologique » : pour couvrir de manière sécuritaire tous les champignons courants, l'exigence de la teneur en eau limite est fixée à 23 % en masse.

Dans les départements d'outre-mer, l'humidité relative et la température sont élevées, ce qui entraîne une teneur en eau plus importante qu'en métropole. Cette teneur en eau est deux fois plus importante dans les DROM. Les matériaux hygroscopiques peuvent absorber beaucoup plus d'eau, donc avoir une teneur en eau beaucoup plus importante en œuvre.

La température élevée favorise également le développement fongique.

PARTIE 6

**Le CSTB vous accompagne
dans votre projet d'innovation**

1. Étude de faisabilité

Objectif : il s'agit d'une étape de réflexion en amont permettant de structurer et d'optimiser le programme de R&D. Il s'agit d'une mission d'aide à la décision pour l'industriel visant à préciser le concept produit et à réduire le champ des possibles.

Livrable : maquettage du produit à développer (descriptif), feuille de route de R&D décomposée en tâches élémentaires, argumentaire en vue du dossier CIR, chiffrage du budget R&D.

Coût : généralement entre 10 et 30 k€.

Délai : de l'ordre de trois mois.

Valeur ajoutée : optimise le coût R&D, fiabilise le financement par le CIR (crédit d'impôt recherche).

Contact : Lionel BERTRAND – lionel.bertrand@cstb.fr – 01 64 68 84 35.

2. Feuille de route des marques de qualité

Objectif : se préparer aux démarches d'évaluation, certification, etc. à venir. Cette prestation prend son sens en amont des procédures d'évaluation quand la conception du procédé de construction n'est pas encore figée.

Livrable : liste des contraintes et des documents de référence, orientations techniques à privilégier au regard de ces contraintes, optimum performance et effort de justifications probables à apporter pour l'aptitude à l'emploi, principaux calculs et essais à intégrer dans le programme de R&D.

Coût : généralement entre 10 et 15 k€.

Délai : de l'ordre de deux mois.

Valeur ajoutée : évite les imprévus en cours de développement, réduit le délai et le coût global du projet de développement.

Contact : Rémi BOUCHIE – remi.bouchie@cstb.fr – 01 64 68 84 86.

3. Modélisation du complexe de paroi opaque

Objectif : simuler les phénomènes physiques à l'échelle du complexe de paroi en intégrant tous ses composants. Possibilité d'étude de différentes versions ou d'étude de sensibilité sur certains paramètres tels qu'une épaisseur d'isolant.

Livrable : rapport de simulation, calcul des grandeurs performanciennes d'intérêt (U , S , etc.), éléments d'aide à la décision de dimensionnement.

Coût : généralement entre 5 et 15 k€.

Délai : de l'ordre d'un mois.

FICHES ACCOMPAGNEMENT

1

Conseil en innovation

Valeur ajoutée : évaluation des performances dès les phases amont du développement, avant prototypage. Constitue également un justificatif performant en phase plus avancée en vue d'une évaluation (ATEX cas A ou ATec).

Contact : Rémi BOUCHIE – remi.bouchie@cstb.fr – 01 64 68 84 86.

4. Maîtrise des risques (condensation, échauffement, etc.)

Objectif : estimation des risques liés à l'humidité dans les parois et aux échauffements dans les parois vitrées ou pour des besoins spécifiques (dilatation thermique, par exemple).

Livrable : étude de sensibilité, paramètres les plus influents sur le risque, justification de la limitation des risques liés à l'humidité (ou aux échauffements).

Coût : généralement entre 5 et 15 k€.

Délai : de l'ordre d'un mois.

Valeur ajoutée : permet de définir un domaine d'emploi pour la procédure d'évaluation (classes d'hygrométrie admissibles, par exemple), identifie le composant le plus influent et le plus sensible au risque dans le procédé de construction (la membrane d'étanchéité, l'élément de charpente en bois, etc.), constitue un rapport d'expertise utilisable dans la procédure d'évaluation (ATEX cas A ou ATec).

Contact : Rémi BOUCHIE – remi.bouchie@cstb.fr – 01 64 68 84 86.

1. Suivi préalable ATEx : listing des justificatifs nécessaires

Objectif : sur la base d'éléments techniques décrivant le procédé de construction visé et son domaine d'emploi revendiqué, cette prestation définit l'ensemble des justificatifs nécessaires à l'instruction des procédures d'évaluation (essais, calculs, enquêtes chantier, etc.). Cette prestation débute ainsi quand la conception du procédé de construction est figée.

Livrable : listing des justificatifs nécessaires à la procédure d'évaluation (ATEx cas A ou ATec).

Coût : généralement entre 5 et 10 k€.

Délai : de l'ordre d'un mois.

Valeur ajoutée : permet de sécuriser le passage en comité d'ATEx (ou en GS pour un ATec) en constituant un dossier technique solide.

Contact : Mathieu OVIDE – mathieu.ovide@cstb.fr – 01 64 68 80 50.

2. Instruction d'ATEx (cas A)

Objectif : sur la base d'éléments techniques décrivant le procédé de construction visé, son domaine d'emploi revendiqué, ainsi qu'un ensemble de justificatifs sur l'aptitude à l'emploi du procédé (références chantiers si elles existent à ce stade, essais, calculs, etc.), cette procédure vise à créer un comité d'ATEx avec les experts compétents et à présenter le dossier ainsi établi pour arbitrage par le comité d'ATEx.

Livrable : appréciation technique d'expérimentation délivrée par un comité d'experts sur une durée de validité donnée (non renouvelable).

Coût : généralement entre 10 et 20 k€ (hors essais et calculs demandés dans la liste des justificatifs).

Délai : de l'ordre d'un mois (hors délais essai et calculs demandés dans la liste des justificatifs).

Valeur ajoutée : une ATEx facilite l'assurabilité d'une technique non traditionnelle lors de son lancement dans l'objectif de générer des références chantier et des retours terrain permettant l'obtention ultérieure d'un Avis Technique.

Contact : Mathieu OVIDE – mathieu.ovide@cstb.fr – 01 64 68 80 50.

3. Instruction d'ATec ou de DTA

Objectif : sur la base d'éléments techniques décrivant le procédé de construction visé, son domaine d'emploi revendiqué ainsi qu'un ensemble

FICHES ACCOMPAGNEMENT

2

Intégration de l'innovation

de justificatifs sur l'aptitude à l'emploi du procédé (références chantiers nécessaires, essais, calculs, etc.), cette procédure vise à présenter le dossier ainsi établi pour arbitrage par le ou les groupes spécialisés pertinents.

Livrable : Avis Technique (ou document technique d'application en cas de produit marqué CE) délivré par un ou plusieurs groupes spécialisés sur une durée de validité donnée. L'Avis Technique est renouvelable à l'issue de cette durée de validité.

Coût : généralement entre 10 et 30 k€ (hors essais et calculs demandés dans la liste des justificatifs).

Délai : de l'ordre de trois mois (hors délais essais et calculs demandés dans la liste des justificatifs).

Valeur ajoutée : un Avis Technique facilite l'assurabilité d'une technique non traditionnelle bénéficiant de quelques références chantier et des retours terrain suffisants.

Contact : Mathieu OVIDE – mathieu.ovide@cstb.fr – 01 64 68 80 50.

4. Certifications ACERMI et QB

Objectif : marque de qualité sur la base d'un suivi régulier de valeurs clés d'un produit (résistance thermique d'un isolant, par exemple) par un organisme tiers certificateur. Avis Technique ou ATEEx cas A nécessaire au préalable pour tout produit non couvert par une norme européenne harmonisée.

Livrable : certificat et droit d'usage du logo de la marque de certification associée.

Coût : admission par produit = entre 10 et 30 k€ (essais inclus) + suivi annuel par produit = 10 à 20 k€ (essais inclus).

Délai : de l'ordre de six mois pour une admission (essais inclus).

Valeur ajoutée : marque de qualité permettant de sécuriser le maître d'ouvrage sur la constance des caractéristiques essentielles revendiquées par le fabricant.

Contact : Anne Gaëlle ESTRABAUD – anne-gaelle.estrabaud@cstb.fr – 01 64 68 85 59.

1. Essais pour le marquage CE

Objectif : réalisation des essais de type initiaux requis pour un marquage CE (selon norme produit harmonisée).

Livrable : rapport d'essai sur les performances essentielles requises pour un marquage CE (selon norme produit harmonisée).

Coût : très variable selon performances essentielles requises, package thermomécanique sur isolants entre 15 et 20 k€.

Délai : très variable selon performances essentielles requises, généralement entre un et trois mois.

Valeur ajoutée : le CSTB propose des packages complets et cohérents d'essais en fonction des performances requises dans la norme produit harmonisée (thermique, acoustique, mécanique, par exemple) et prend en charge la coordination entre les différents laboratoires spécialisés.

Contact : Julien CORDIER – julien.cordier@cstb.fr – 01 64 68 88 37.

2. Essais justificatifs pour la performance

Objectif : réalisation d'essais spécifiques à la demande du client. Par exemple, pour qualifier expérimentalement la performance d'un procédé de construction novateur ou la durabilité de certains procédés de construction. Peuvent être couplés à des approches par modélisation pour validation initiale d'un modèle du calcul réutilisable par la suite.

Livrable : rapport d'expertise technique (essais + calculs).

Coût : généralement entre 10 et 30 k€.

Délai : trois mois.

Valeur ajoutée : évaluation des performances dès les phases amont du développement, avant prototypage pour procédés de construction complexes. Constitue également un justificatif performanciel en phase plus avancée en vue d'une évaluation (ATEX cas A ou ATec).

Contact : Rémi BOUCHIE – remi.bouchie@cstb.fr – 01 64 68 84 86.

3. Retours d'expérience par suivis instrumentés (REX)

Objectif : cette approche permet notamment d'évaluer la performance énergétique d'un bâtiment en service et de mieux en comprendre les déterminants. La démarche est également utilisée pour évaluer la performance en service d'un produit du bâtiment afin de lever certains freins à la commercialisation.

FICHES ACCOMPAGNEMENT

3

Essais

Livrable : rapport d'expertise technique (résultats des traitements numériques de données, analyse et interprétation des résultats).

Coût : variable selon la nature et le nombre de points de mesure.

Délai : quatre mois.

Valeur ajoutée : le CSTB propose une offre globale (fourniture et pose de capteurs, systèmes de transmission et d'archivage des données, traitement numérique des données, analyse). Le CSTB met à disposition sa longue expérience dans le suivi instrumenté de bâtiments. Il dispose notamment d'une bibliothèque (TSAR) d'algorithmes de traitement numérique des mesures permettant d'effectuer des opérations complexes telles qu'identifier les caractéristiques thermiques par machine learning ou identifier des événements liés à l'usage du bâtiment. Cette approche à haut niveau scientifique permet une prise en charge à 100 % des coûts par le crédit d'impôt recherche.

Contact : Lionel BERTRAND – lionel.bertrand@cstb.fr – 01 64 68 84 35.

Il existe de nombreuses sources d'aide financière au développement d'un produit novateur. La plupart d'entre elles, si elles ne sont pas temporaires, sont évolutives dans le temps, et il est donc difficile d'en dresser une liste exhaustive et à jour. Par ailleurs, ces dispositifs présentent pour leur grande majorité des spécificités selon les domaines d'application qui s'avèrent pertinentes à un moment précis du processus de développement. Il s'agit généralement de dispositifs publics de cofinancement, une part des financements restant à la charge de l'industriel. Enfin, la plupart des dispositifs sont attribués après une sélection opérée sur la base d'un dossier qu'il convient d'établir par l'industriel demandeur.

Dans cette fiche, nous développerons donc les principaux dispositifs, sélectionnés par leur pertinence et leur pérennité.

1. Le crédit d'impôt recherche (CIR) du ministère des Finances

Accessible **sans sélection** à toute entreprise soumise à l'impôt sur les sociétés qui réalise des dépenses de recherche (même si elle ne dégage pas de bénéfices).

Le taux de prise en charge est de 30 % en métropole mais de 50 % à la Guadeloupe. Par ailleurs, les dépenses de R&D sous-traitées à un établissement de recherche public (tel que le CSTB) bénéficient d'un doublement du taux, soit $2 \times 50 \% = 100 \%$ à la Guadeloupe. Les dépenses de R&D sous-traitées sont alors financées à 100 % sous la forme d'une subvention, et ceci permet aux entreprises de la Guadeloupe de développer un produit novateur avec un investissement quasi nul. Pour toutes ces raisons, ce dispositif est de loin le plus intéressant pour les industriels de la Guadeloupe et est à privilégier parmi les différentes voies de financement. Pour le montage d'un dossier CIR, nous recommandons de s'adjoindre les conseils d'un cabinet spécialisé dans le CIR.

Pour en savoir plus : [portail CIR du ministère des Finances et ressources associées](#).

2. Les aides à l'innovation de BPI France

Les aides sont octroyées au cas par cas selon la pertinence du projet. Différents dispositifs sont disponibles. Dans le cadre du développement d'un produit novateur, ce dispositif est bien complémentaire au CIR car il permet de financer des tâches de développement situées en amont et en aval du processus de recherche, comme l'étude de faisabilité, l'étude de marché, les marques de qualité, etc.

Les aides sont généralement d'un montant modeste (quelques k€ à quelques dizaines de k€) avec un taux de l'ordre de 50 % et sous la forme d'un prêt remboursable si succès commercial.

La marche à suivre pour mobiliser cette aide est de rencontrer le **chargé d'affaires local de BPI France**.

FICHES ACCOMPAGNEMENT

4

Les aides financières

3. Les aides de Synergîle

Synergîle est une association à but non lucratif qui œuvre depuis 2007 pour déployer et promouvoir l'innovation à la Guadeloupe et pour faire monter en compétence les acteurs du territoire dans le but de favoriser l'émergence de nouvelles activités et la création d'emplois. Le champ d'action de Synergîle porte sur les secteurs suivants :

- énergies renouvelables et actions de maîtrise des consommations d'énergie ;
- matériaux adaptés au milieu insulaire tropical soumis à des risques et aux contraintes climatiques, écoconçus ou utilisant les ressources du territoire ;
- modes de construction novateurs et/ou adaptés aux contraintes climatiques du territoire.

Le réseau Synergîle lance régulièrement des appels à projet d'innovation sur les matériaux ou les modes de construction. Ces appels à projets sont conçus en collaboration avec des partenaires locaux – Région Guadeloupe, ADEME Guadeloupe, DIECCTE (Direction des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi), Caisse des dépôts et consignations, Agence française de développement, Banque publique d'investissement – et les professionnels du réseau.

Synergîle offre alors un accompagnement en ingénierie de projets (montage de dossier) qui permettra de solliciter les aides existantes sur la thématique adressée, dont les aides européennes du programme FEDER.

Les appels à projet sont publiés sur le site internet de Synergîle : www.synergile.fr

Annexes

FICHES ACCOMPAGNEMENT

1

Principes d'évaluation performancielle sur des bâtiments types : méthodologie

Cette fiche focus présente l'évaluation performancielle des procédés de construction décrits dans ce guide sur les bâtiments. Cette évaluation a été réalisée à l'aide de l'outil de calcul de la RTG (réglementation thermique Guadeloupe) qui permet le calcul des indicateurs de performance, à savoir l'indicateur de confort hygrothermique ICT et l'indicateur concernant les besoins de refroidissement.

Pour réaliser cette évaluation, des bâtiments représentatifs de la cible du guide (maison individuelle, logement collectif et bureau) ont été modélisés. Ces bâtiments sont des bâtiments réels issus de travaux mis en place autour de la RTG.

Afin de pouvoir évaluer l'impact de la mise en place des procédés de construction décrits dans ce guide sur un bâtiment, nous avons réalisé, pour chaque bâtiment, des simulations permettant de calculer la réponse du bâtiment en termes de confort intérieur (ICT pour les bâtiments résidentiels) et de besoins de refroidissement (bâtiments résidentiels et bureau).

Les procédés de construction évalués concernent les parois verticales et la toiture. Afin de couvrir la gamme des procédés de construction présentés, les simulations couvrent une large gamme de facteurs solaires (de 0,2 % à 30 %) et de conductivité thermique des parois (de 0,1 à 6 W/m².K).

Ces deux types de parois sont ici évalués séparément :

- parois verticales : la toiture reste identique, seuls les facteurs solaires et la conductivité thermique des parois verticales évoluent ;
- parois horizontales : les parois verticales restent identiques, seuls les facteurs solaires et la conductivité thermique de la toiture évoluent.

Les résultats de ces simulations sont regroupés dans les différentes fiches « Procédés » de la Partie 2.

Le tableau 1 ci-après résume les bâtiments types utilisés.

Tableau 1 : Bâtiments types utilisés lors du calcul des évaluations de performance

Maison individuelle de plain-pied				
	Description	Couleur	U_p (W/m ² .K)	S_p (%)
Murs verticaux	Structure en parpaings de 20 cm avec enduit plâtre	Moyenne (alpha de 0,6)	2,14	5
Toiture	Charpente type fermette avec isolant de résistance $R = 1,2 \text{ m}^2.\text{K/W}$	Sombre (alpha de 0,8)	0,44	1,4
Baies	Menuiseries en bois exotique et lames ventilantes, fermeture par des volets en bois à deux vantaux		5,6	77
Surface vitrée	Est : 35 %, ouest : 15 %			

FICHES ACCOMPAGNEMENT

Principes d'évaluation performancielle sur des bâtiments types :
méthodologie

1

Maison individuelle de type R + 1				
	Description	Couleur	U_p (W/m ² .K)	S_p (%)
Murs verticaux	Structure en parpaings de 20 cm avec enduit plâtre	Claire (alpha de 0,4)	2,14	3,4
Toiture	Isolant de toiture (60 mm de laine de verre)	Claire (alpha de 0,4)	0,6	1
Baies	Menuiseries en bois exotique et lames ventilantes, fermeture par des volets en bois à deux vantaux		5,6	77
Surface vitrée	Nord ; 18 %, sud : 16 %, ouest : 11 %, est : 8 %, global : 10,5 %			
Logement collectif				
	Description	Couleur	U_p (W/m ² .K)	S_p (%)
Murs verticaux	Voiles de béton banché 15 cm Enduit monocouche	Claire (alpha de 0,4)	3,68	6
Toiture	Charpente en bois Isolation sur combles perdus	Claire (alpha de 0,4)	0,36	0,6
Baies	Simple vitrage plein oscillo-battant avec stores à lames de couleur claire		5,43	48
Surface vitrée	Nord et sud : autour de 20 %, est et ouest : nul sauf le T3 au RDC			
Bureau				
	Description	Couleur	U_p (W/m ² .K)	S_p (%)
Murs verticaux	Voiles de béton de 18 cm et isolation par 5 cm de laine de verre + BA13	Claire (alpha de 0,4)	0,543	0,9
Toiture	Toiture-terrace isolée	sombre (alpha de 0,8)	0,562	1,8
Baies	Simple vitrage plein oscillo-battant avec stores verticaux de couleur claire au nord Simple vitrage plein avec joint d'étanchéité pour les autres orientations	5,43	0,2	
Surface vitrée	Nord : 11,5 %, sud : 14 %, est et ouest : 10 %			

FICHES ACCOMPAGNEMENT

2

Documenter le produit novateur

Pour un produit de construction novateur, donc mal connu des prescripteurs, la documentation associée est déterminante pour son succès sur le marché. Dans ce chapitre, nous rappelons les points d'ordre purement technique à prévoir (à compléter par les autres aspects marketing).

1. Marques de qualité du produit

Cet aspect fait l'objet d'une série de fiches regroupées dans la [Partie 3 « Marques de qualité : comment s'y retrouver ? »](#).

Les démarches citées peuvent être complétées par des fiches références de mise en œuvre sur des projets réels. Les retours d'expérience – qualitatifs et quantitatifs – disponibles sur ces cas peuvent être avantageusement intégrés aux fiches.

2. Guide de prescription du produit

L'objectif de ce document est d'aider le prescripteur à décrire le produit dans son CCTP de travaux. Rappelons que lors de marchés publics ni le produit ni la marque ne peuvent être imposés, mais ils peuvent être cités comme exemples. Nous recommandons d'y placer :

- le texte type de description du produit ;
- les différents points susceptibles de varier selon le projet (points d'ajustement du texte).

Les caractéristiques performanciennes à l'échelle du produit : en premier les coefficients U et S tels que définis dans les paragraphes « Quels indicateurs ? » et établis en utilisant les paramètres clés spécifiques à la Guadeloupe. Le CSTB peut accompagner les industriels dans la détermination et la vérification de ces caractéristiques par le calcul ou par un essai en laboratoire.

3. Guide de mise en œuvre du produit

L'objectif de ce document est de cadrer l'entreprise dans la pose du produit sur chantier, mais aussi d'aider le maître d'œuvre dans le contrôle de mise en œuvre. Nous recommandons d'y préciser :

- le domaine d'emploi du produit ;
- les éventuels principes de configuration du produit selon les cas (choix des sous-composants, dimensionnement, etc.) ;
- les consignes de mise en œuvre, dont, notamment, les liaisons avec les autres composants du bâtiment ;
- les points d'attention sur les risques possibles ;
- la liste des points de contrôle à l'attention du maître d'œuvre et le mode opératoire associé.

La réglementation thermique de la Guadeloupe (RTG)

3

La RTG est une réglementation locale mise en place par la région Guadeloupe depuis 2011 à l'occasion de sa politique d'énergie.

1. Domaine d'application

Bâtiments neufs de type logements, bureaux, commerces.

2. Conditions de conformité

2.1 Performance de l'enveloppe du bâtiment

- $BBIO_{\text{projet}} \leq BBIO_{\text{max}}$ (limitation des besoins d'énergie pour la climatisation et l'éclairage) ;
- $ICT_{\text{projet}} \leq ICT_{\text{max}}$ (limitation des surchauffes des logements en l'absence de climatisation).

2.2 Performance de la production d'eau chaude sanitaire (ECS)

Obligation de ne pas puiser plus de 50 % des besoins énergétiques pour l'ECS sur le réseau électrique.

3. Outils

La région Guadeloupe met librement à disposition un outil de simulation énergétique dynamique permettant de calculer les indicateurs performantiels réglementaires. Cet outil développé par le CSTB permet de réaliser rapidement un calcul simplifié et conventionnel des performances.

Il peut être complété par une simulation dynamique plus fine (non réglementaire) réalisée par les logiciels de simulation thermique existants et dans laquelle les véritables paramètres d'usage pourront être pris en compte en lieu et place des conventions réglementaires.

4. Performances

U , S , I des parois opaques constituent des données d'entrée de la simulation. La RTG prévoit des valeurs par défaut (tabulées) pour la plupart des produits et des matériaux courants à la Guadeloupe. Les produits industriels novateurs présentent en réalité de meilleures performances. Il est donc important de les expliciter car cette performance additionnelle constitue un atout face à la concurrence et permet d'augmenter les parts de marché. Les caractéristiques thermiques réelles peuvent être précisées

FICHES ACCOMPAGNEMENT

3

La réglementation thermique de la Guadeloupe (RTG)

par calcul ou essais, et doivent être « vérifiées » au sens du texte de loi RTG (voir § « Caractéristiques thermiques vérifiées »). Le CSTB peut vous accompagner dans l'établissement et la vérification de ces caractéristiques.

Pour en savoir plus : www.guadeloupe-energie.gp/ puis « [portail de la réglementation thermique RTG](#) ».

Ce chapitre liste les références bibliographiques auxquelles le lecteur pourra se référer.

1. Confort thermique – Indicateur ICT

« Le Confort thermique », Victor Candas, Techniques de l'Ingénieur, 2008.
« Guide de la réglementation thermique Guadeloupe pour les bâtiments neufs », révision G, 2014.

2. Conception thermique des bâtiments

Documentation de l'outil RTG V2, CSTB, 2014.

Guide sur la climatisation naturelle de l'habitat en climat tropical humide, CSTB, 1992.

Passive and Low Energy Building design for tropical island climates, Commonwealth Science Council, 1987.

3. Encrassement

Soiling of building envelope surfaces and its effect on solar reflectance – Part I: Analysis of roofing product databases. Sleiman, M.1, Ban-Weiss, G.1, Gilbert, H.E.1, François, D.1, Berdahl, P.1, Kirchstetter, T.W.1, Destailats, H.1, 2, Levinson, R.1 ; Source: *Solar Energy Materials and Solar Cells*, volume 95, Issue 12, December 2011, p. 3385-3399. ISSN: 09270248 ; DOI : 10.1016/j.solmat.2011.08.002

Weathering of roofing materials – An overview. Berdahl, P.1, Akbari, H.1, Levinson, R.1, Miller, W.1, 2 ; Source: *Construction and Building Materials*, volume 22, Issue 4, April 2008, p. 423-433. ISSN: 09500618 ; DOI : 10.1016/j.conbuildmat.2006.10.015

4. Humidité

Transferts d'humidité à travers les parois, guide technique, CSTB, septembre 2009.

Guide de recommandations techniques HUMIBATex – Prise en compte des risques hygrothermiques en réhabilitation du bâti existant, Recherche et expertise, Priorités scientifiques et Techniques, CSTB, septembre 2009.

FICHES ACCOMPAGNEMENT

4

Bibliographie

5. Transferts hydriques et développements fongiques

Le Traitement des bois dans la construction, CTBA, Eyrolles, 2000.

6. Évaluation, marquage CE, réglementations et certifications

evaluation.cstb.fr/fr/prestations/

www.rpcnet.fr/pdf/2015-11-12_marquage_CE_etape_etape.pdf

ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/index.cfm?fuseaction=directive.pdf&refe_cd=Regulation%20%28EU%29%20305%2F2011&requesttimeout=900

Pour identifier l'existence ou non d'une norme européenne harmonisée, vous pouvez consulter le site www.rpcnet.fr/index.php/rubrique « produit » sur la page d'accueil.

Ainsi que les prestations proposées par le CSTB en marquage CE :

evaluation.cstb.fr/marquage-ce/produits/