Certificats d'économies d'énergie

Fiche de calcul – Opération n° **BAT-EN-112**

Revêtements réflectifs en toiture

A- SECTEUR D'APPLICATION

Bâtiment du secteur tertiaire à usage commercial.

B- DENOMINATION DE L'OPERATION

Mise en place d'un revêtement réflectif en toiture pour la réduction des apports solaires.

La présente fiche n'est pas cumulable avec la fiche portant la référence BAT-EN-109.

C- CONDITIONS DE DELIVRANCE DE CERTIFICATS

La production de chaud et de froid pour le bâtiment concerné est assurée par un dispositif de type pompe à chaleur.

La toiture avant l'opération est dépourvue de revêtement réflectif.

La mise en place est réalisée par un professionnel.

Le revêtement réflectif est posé sur une surface de toit située au droit d'un volume fermé et climatisé.

Le produit mis en œuvre possède un indice de réflectance solaire (SRI) supérieur à 100 à l'état neuf et supérieur à 90 à l'état vieilli, évalué selon la norme ASTM E1980-11. L'état vieilli s'entend selon la norme ISO 2810 :2021 appliquée avec une inclinaison à 5° après vingt années de vieillissement ou selon la norme ISO 16474-3 :2020 après 4 000 heures de vieillissement artificiel.

La preuve de la réalisation mentionne la mise en place d'un revêtement avec ses marque, référence et numéro de lot, la surface de toiture couverte par le revêtement ainsi que l'indice de réflectance solaire à l'état neuf et après vieillissement selon les normes susmentionnées.

Le document justificatif spécifique à l'opération est le document issu du fabricant relatif au lot utilisé en tout ou partie pour l'opération :
- attestant que le revêtement de marque et référence est un revêtement réflectif et a été acheté par le professionnel, avec mention de sa raison sociale, et de son numéro SIRET ;
- précisant le numéro du lot, la date de vente au professionnel et la quantité, exprimée en litres ou en m² (pour les membranes, tôles et autres types de support de revêtement acheté par le professionnel) ;
- indiquant, pour le lot considéré, l'indice de réflectance solaire à l'état neuf et à l'état vieilli du revêtement selon les normes susmentionnées, et pour les durées susmentionnées.

Le document justificatif susmentionné est présenté au bénéficiaire avant l'engagement de l'opération.

D- DETAIL DES GISEMENTS ESTIMES :

Sources :
(1) Note PERIFEM / Proposition de Catégories et de Seuils pour « l'arrêté tertiaire » / 08 08 2019
(2) Etude ADEME / PERIFEM : site commercial à haute efficacité énergétique / V 12 - 26- 02- 2010 / convention 25 mars 2008 => pages 9, 10, 11
(3) Panorama Trade Nielsen 2020
(4) Note C Cardonnel / 7 juillet 2020

	KwH / m² / an (1)	**% CVC (2)**	**Surfaces vente en m² (3)**	**Moyenne pondérée KwH / m² / an**
Hypermarché	610	25%	12 949 900	30
Galerie marchande	300	30%	18 443 258	25
Supermarché	690	18%	10 501 388	20
Magasin spécialisé (*)	270	28%	24 075 551	28
			65 970 097	**102**

(*) : le % CVC est très inférieur à ce qui est constaté dans la réalité mais c'est la seule donnée publique disponible à notre connaissance

Pour mémoire :
Bâtiment théorique C Cardonnel 1000 m² en H3 (4) *117*

Les surfaces commerciales (uniquement surfaces de ventes) (hypermarchés, supermarchés, galeries marchandes, grandes surfaces spécialisées) sont évaluées en 2020 à 66 millions de m².

La totalité de ces locaux est climatisée soit un gisement de 66 millions de m² x 13,7% (gain moyen sur H1 H2 et H3) x 102 KwH / m² / an x 20 ans actualisés (coefficient actualisation = 14,134) : le gisement « est donc évalué à 13 TWh cumac.

E- REGLEMENTATION EN VIGUEUR OU PREVUE

Il n'existe pas de règlementation en vigueur applicable spécifique aux revêtements réflectifs. Par ailleurs, la règlementation incendie applicable aux ERP de type M (grandes surfaces commerciales) prévoit des prescriptions spécifiques sur les éléments de couverture (articles CO16 à CO18) qui concernent également les revêtements réflectifs.

F- SITUATION DE REFERENCE

DOCUMENT DE TRAVAIL

Les couvertures des bâtiments visés sont composées d'un bac de tôle d'acier nervurée étanchées par une membrane d'étanchéité bitumineuse relevant des DTU séries 43. Afin de limiter le flux de chaleur pénétrant dans les locaux à travers le toit, il est possible d'appliquer un revêtement réflectif (qui ne peut pas se substituer à l'isolation de la toiture) => augmentation de l'albédo de la toiture => limitation des transferts thermiques dans le bâtiment.

Les revêtements réflectifs agissent pour diminuer pendant la période estivale les pénétrations énergétiques à travers la toiture, ce qui influe sur la température intérieure en diminuant le risque de surchauffe.

Les économies d'énergie sont réalisées sur le poste climatisation durant la période avril à octobre.

Les résultats obtenus montrent que l'intérêt de la technologie des revêtements réflectifs dépend largement de la technologie utilisée pour produire la chaleur. En effet, dans un bâtiment dont le principal problème est le coût et l'efficacité du chauffage, il serait absurde de s'attaquer en premier au gisement de la climatisation… En revanche, dès que les technologies de production de chaud et de froid sont d'une efficacité énergétique similaires, le gain des revêtements réflectifs est systématique et souvent important. **Nous recommandons donc de limiter l'application de l'attribution de CEE aux bâtiments ayant une technologie performante de production de chauffage**. Sous cette condition, les gains de la solution présentée sont importants et toujours présents.

G- DUREE DE VIE CONVENTIONNELLE

Afin de déterminer la durée de vie d'un revêtement de type Top Coat dans une application de type Cool Roof, les éléments suivants ont été pris en considération :

- Le système de peinture sous-jacent est nommé Base Coat et a pour but d'assurer les fonctions d'adhérence sur le substrat et de nivellement de la rugosité, afin de s'assurer que l'épaisseur déposée de Top Coat soit uniformément répartie et que le « bouclier » ait toujours une épaisseur minimale.
- Les mécanismes de vieillissement retenus sont ceux identifiés dans les applications courantes des toitures rafraichissantes, excluant ainsi l'agression chimique par exposition directe, les dégradations mécaniques par poinçonnage ou découpe, etc..
- La performance radiative du revêtement dépend de sa composition et de sa faculté à garder sa composition intacte dans le temps, en particulier au niveau de la quantité de charges reflétant le rayonnement solaire, ainsi qu'à éviter un encrassement.

Quelques éléments sur les mécanismes d'usure par vieillissement :
Deux types de mécanismes interviennent lors de l'exposition d'un revêtement à un rayonnement solaire :

1) Une dégradation de la fraction polymérique qui assure le rôle de liant, suite à l'absorption de rayonnement majoritairement dans les longueurs d'onde correspondant aux UV. Cette absorption par les chaînes polymériques conduit à la formation de radicaux qui entrainent des phénomènes de scission et coupure de chaine. Il en résulte une incapacité du polymère à assurer son rôle de liant pour les charges, qui sont donc lessivées par les eaux de pluie ou autres phénomènes éoliens. A titre pratique, cela se

DOCUMENT DE TRAVAIL

note sous la forme de micro fissurations et/ou d'un « farinage », amenant une réduction de l'épaisseur du revêtement et un endommagement de la surface par création de cavités.

2) Un phénomène de fatigue cyclique résultant de l'exposition alternée à des rayonnements, amenant une dilatation elle aussi cyclique. A titre pratique cela donne lieu à des micro fissurations, endommageant l'intégrité du revêtement.

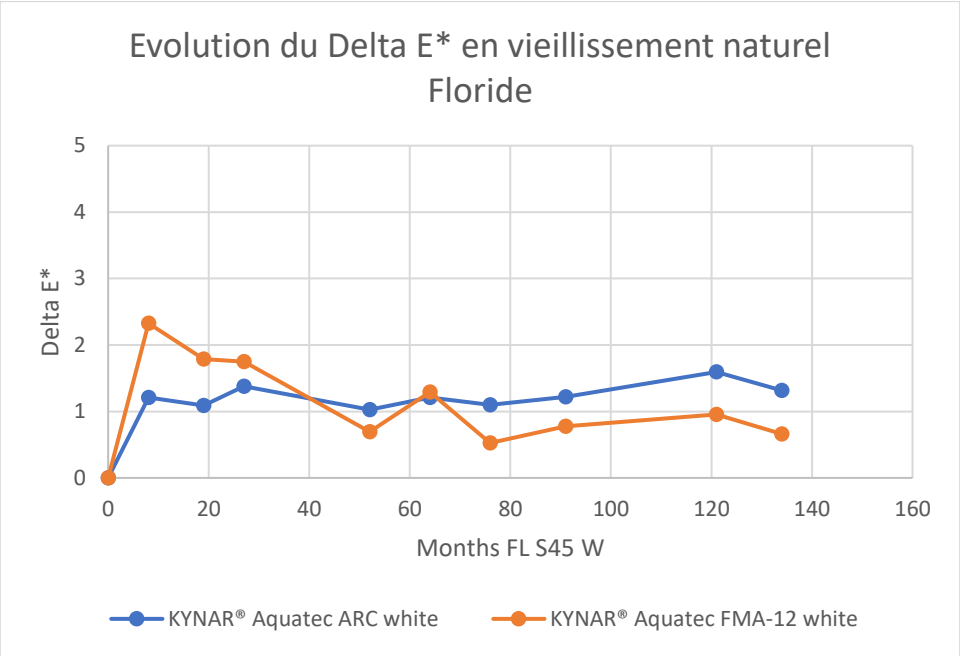
Nature des tests à mener pour qualifier la durabilité de la performance un système de revêtement

Quelle que soit la chimie du liant employée, celle-ci doit lui permettre de pouvoir résister aux deux mécanismes d'usure précédemment cités. Cela peut se mesurer sur un revêtement blanc par une mesure de changement de couleur en fonction d'un certain nombre d'heures d'exposition, soit naturelle dans un environnement ensoleillé type Floride en suivant une norme de type ISO 2810 :2020, soit artificielle en faisant appel aux normes de type ISO 16474-3 :2021. Cette mesure de changement de couleur a été identifiée par Arkema comme étant un critère décisif permettant de se corréler à l'indice de réflectance solaire. (Annexe 1 : Comparaison SRI versus DeltaE dans le temps)

Arkema a exposé des panneaux faisant appel aux revêtements à base de Kynar® Aquatec (FMA12 et ARC) à des vieillissements artificiels et naturels. Ces études ont permis de déterminer une enveloppe de performances , qui fait l'objet de l'obtention d'une License d'usage de la marque, impliquant un certain nombres de contraintes au niveau de la formulation du revêtement, afin d'assurer la meilleure durabilité au revêtement fait à partir du produit.

Dans le cas qui nous intéresse : le Kynar® Aquatec FMA 12, sa synthèse étant plus récente, le retour sur un vieillissement de 20 ans dans des conditions d'exposition naturelle de la Floride n'a pas pu encore être avéré, mais l'étude a été lancée il y a 10 ans avec un témoin basé sur un autre grade plus ancien : le Kynar® Aquatec ARC qui lui a déjà démontré sa tenue sur 21 ans (cf Annexe 2).

DOCUMENT DE TRAVAIL

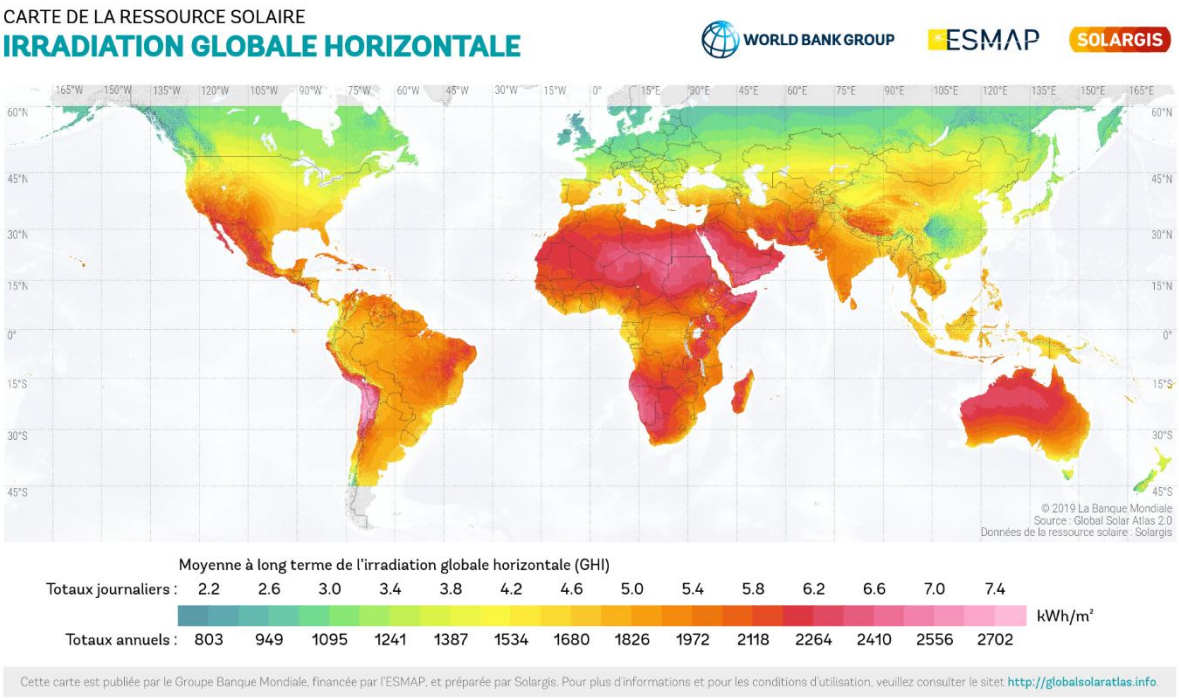


Ce graphe permet à l'utilisateur (fabricant de peinture ou applicateur du système de peinture) d'être assuré que les propriétés de réflectance solaire sur tout le spectre solaire restent constantes et ce, sur toute la durée de vie du revêtement (minimum 20 ans), contrairement à un revêtement de moindres couts mais aussi de bien moindres performances car les deux grades ont le même mécanisme de vieillissement et les données sur 20 ans ont déjà été obtenues pour le Kynar Aquatec ARC.
D'autres chimies usuelles ont été comparées à celle du Kynar Aquatec dans les mêmes conditions de vieillissement et montrent malheureusement la dégradation continue du liant par absorption des UV solaires, menant à une dégradation des propriétés de réflectance ou de DeltaE. (cf Annexe 3)

Conclusion sur la durée de vie d'un top coat à base de Kynar® Aquatec FMA12
Les tests de vieillissement naturel ayant lieu en ce moment en Floride montre que ce système vieillit dans les premiers mois de son exposition et atteint très vite une valeur asymptotique de réflectance solaire. Cette courbe est similaire à la courbe d'évolution du changement de couleur (Delta E), ce qui fait dire à Arkema qu'il est suffisant d'utiliser soit un vieillissement naturel en Floride (norme ISO 2810 :2020), soit un vieillissement artificiel suivant la norme ISO 16474-3 :2021 pour caractériser la durabilité d'un revêtement destiné au Cool Roof. Contrairement à d'autres chimies, il n'y a pas de mécanismes d'effondrement caractérisés par une dégradation continue des valeurs soit de Réflectance soit de DeltaE.

Un autre point concernant le facteur de sécurité incorporé par les études vient du fait que notre zone climatique H3 correspond à 75% environ du niveau d'exposition obtenu en Floride : En vérifiant sur 20 ans en Floride, on inclue en plus un facteur de sécurité.

DOCUMENT DE TRAVAIL



DOCUMENT DE TR

Le dernier point qui est surement le plus encourageant est le fait que les études de vieillissement menées par Arkema montrent que les revêtements changent un peu après les quelques premiers mois d'exposition, mais ne changent plus même après 250 mois d'exposition, ce qui pourrait induire que la durée de vie du revêtement est très supérieure à celle qui sera retenue pour le calcul des CEE.
Ces notes synthétisent un ensemble de documents publiés et annexés dans l'annexe 4

Les consommations relatives au nettoyage sont négligées.[1]

H- GAIN ANNUEL EN ENERGIE FINALE GENEREE PAR L'OPERATION

Les résultats montrent que la structuration H1/H2/H3 (en trois zones) est particulièrement mal adaptée à l'évaluation d'un tel procédé.

En effet, les résultats sont globalement très bons au sud d'une ligne Bordeaux-Mâcon, alors que la situation est moins avantageuse au nord d'une telle ligne, pour les usages considérés.

Mais de manière problématique, la séparation entre les zones H1 et H2 est une séparation globalement Nord-Ouest / Sud-Est, ce qui prend particulièrement mal en compte la réalité et le fonctionnement du dispositif.

Il ne s'agit pas ici de remettre en question l'utilisation des zones climatiques H1/H2/H3.

[1] Les consommations liées au nettoyage tous les deux ans sont d'environ 4 Whef/m²/an et 10 L/m²/an (données chantier Cool Roof France)

Dans le cadre de cette étude, nous proposons donc de moyenner les résultats obtenus sur les trois méta-zones climatiques, en retenant les taux d'économie globaux suivants :
• Zone H1 : 11,2 %
• Zone H2 : 11,5 %
• Zone H3 : 18,4 %

Le cas de la zone H2 est particulièrement complexe, car elle regroupe la zone climatique montrant les gains les plus élevés (20,2% pour H2d) et celle ayant les plus faibles (3,1% pour H2a)

Les gains annuels en énergie finale générés par l'opération sont donc :
H1 : 11,2 % x 102 KwH x 14,134 = 160 KwH cumac
H2 : 11,5% x 102 KwH x 14,134 = 166 KwH cumac
H3 : 18,4% x 102 KwH x 14,134 = 265 KwH cumac

I- MONTANT DES CERTIFICATS EN KWH CUMAC

Présentation finale retenue pour l'arrêté :

Montant en kWh cumac pour un m² de toiture			Surface de toiture en m²
H1	**160**		
H2	**170**	**x**	**S**
H3	**270**		

J- TAUX DE COUVERTURE DES CEE

(le prix de CEE retenue est de 5,5€/MWh cumac)

Le coût moyen pour un revêtement fourni et posé sur membrane d'étanchéité existante est de :

- 20€ HT/m² (données commerciales Aximum & Cool Roof France) pour des surfaces supérieures à 10 000 m²,
- 21€ HT/m² pour des surfaces entre 5 000 et 10 000 m²,
- 22€ HT/m² pour des surfaces comprises entre 1 000 et 5 000 m²
- 23€ HT/m² pour des surfaces inférieures à 1 000 m².

Exemple d'un traitement de toiture en zone H2. L'aide financière lié aux CEE est de 0,166 x 5,5 = 0,91 €/m2. Soit un taux de couverture de

- Pour une surface > 10 000 m2 de 0,91/20 = 5%
- Pour une surface < 1000 m2 de 0,91/23 = 4%

DOCUMENT DE TRAVAIL

Le coût d'entretien (lavage du revêtement) est de 0,5 € HT/m²/an

SUIVI DES MODIFICATIONS

Date	Entité	Auteur	Demande de modification motivée/ Réponse apportée détaillée

DOCUMENT DE TRAVAIL