

Opération de peinture CoolRoof  
Réalisée en 2015 par CR-France  
Sur le toit de l'hyper E. Leclerc  
Quimper 29 000 Fr



Les toits Peints COOLROOF : 6097 m<sup>2</sup>

## 1. Business summary

Les responsables d'exploitation de l'hyper de Quimper, Bretagne Finistère-sud en zone climat H2a, ont constaté un lien direct entre le démarrage des groupes de climatisation, et l'ensoleillement incident sur la toiture plate, goudronnée et noire.

Ils ont alors décidé d'expérimenter la peinture « bouclier thermique » réfléchissante CoolRoof, afin de vérifier les gains en consommation d'électricité suite à la diminution de l'utilisation des groupes de climatisation.

L'opération de peinture a été réalisée par CR-France fin juin 2015. La consommation électrique de 03.2014 à 02.2015 sert alors de référence.

Première constatation : entre la zone de toit référence (4x4m non-peinte, noire) et la zone blanche peinte CoolRoof, des écarts sensibles de température sont notables dès apparition d'un rayonnement solaire incident. Cet écart dépasse régulièrement les 30°C en été.

En période estivale, avec un flux de chaleur solaire important, il résulte une diminution très sensible de la chaleur incidente sur le Bicouche goudronné, réduisant l'échauffement de l'hyper, diminuant en conséquence la consommation d'électricité pour produire du froid.

Les consommations électriques sont alors fortement réduites pendant les 2 étés 2015 et 2016. Voir les relevés compteur corrigés « à périmètre électrique constant », dans le tableau des bilans.



Toit-plat peint  
CoolRoof



Zone Témoin  
Non-peinte  
Instrumentée

### Bilan Electrique Annuel

Annuelle* 2014	3 653 MWh	Ref
Annuelle* 2015	3 450 MWh	
Annuelle* 2016	3 499 MWh	
Economie 2015	203 MWh	6%
Economie 2016	154 MWh	4%

\* à périmètre constant des installations

Sur cette base, à fréquentation et données climatiques comparables, l'économie annuelle moyenne d'électricité 2015-2016 est de 178 MWh au compteur, permettant d'estimer un ROI de l'ordre de 7 ans.

Par ailleurs le revêtement CoolRoof :

- limite l'échauffement de l'air sur le toit, ce qui permet aux climatisations ROOFTOP de mieux fonctionner,
- améliore le CONFORT intérieur qu'il ne faut pas négliger, car il a un impact positif important sur le bien-être des salariés et des clients de l'hyper,
- a un effet positif urbain qu'il ne faut pas oublier, en diminuant l'îlot de chaleur généré par les toitures noires en été, impactant tout le voisinage,
- sans oublier qu'il allonge la durée de vie du revêtement du toit en le protégeant du soleil, et en colmatant les microfissures, du fait de sa grande élasticité.

Enfin, on peut anticiper qu'un tel bâtiment situé dans une zone d'ensoleillement plus fort, pourrait générer des économies plus importantes, et donc améliorer le ROI.

## Table des matières

1.	Business summery.....	2
2.	Descriptif général .....	4
3.	Descriptif de la peinture CR.....	4
4.	Les résistances thermiques du toit, avec ou sans la peinture CR .....	4
4.1	Généralités .....	4
4.2	Calcul des résistances thermiques Rth : .....	5
4.3	Conclusion sur les Rth .....	5
5.	Analyse des consommations électriques globales .....	5
5.1	Périmètre des consommations électriques : .....	5
5.2	Bilan des températures moyennes mensuelles. ....	6
5.3	Conclusion sur les consommations électriques globales .....	6
6.	Les relevés de température 2015-2017 .....	7
6.1	Les relevés de température sur le toit. ....	7
6.2	Période de mesure disponible.....	7
6.3	Analyse de la température ambiante : RA 1. ....	7
6.4	Analyse des températures intérieures : RA 5 et RA 6, .....	8
6.5	Analyse des températures de surface, et intérieures à l'isolant RA-3-4-8-9 .....	8
6.6	Analyse des températures 20cm au-dessus du toit : RA 2 et RA 7 .....	10
7.	Conclusions.....	12
7.1	Sources d'information .....	12
7.2	Energies .....	12
7.3	Rentabilité .....	12
7.4	Prochaines étapes, et autres effets à quantifier .....	12
8.	Annexes .....	13
8.1	Annexe 1 : Les surfaces de toiture concernées .....	13
8.2	Annexe 2 : Les 9 sondes de température : .....	14
8.3	Annexe 3 : Tableau des relevés de Température .....	14
8.4	Annexe 4 : Les relevés des consommations électriques .....	15
8.5	Annexe 5 : Calculs et analyses des consommations électriques .....	16
8.6	Annexe 6 : Classification des zones climatiques en France .....	17
8.7	Annexe 7 : Données météorologiques étés 2014-2016 .....	18
8.8	Annexe 8 : Principales caractéristiques du produit CoolRoof. ....	22

## 2. Descriptif général

Le toit plat de l'hyper E.Leclerc de Quimper représente une surface de 6097m<sup>2</sup>. Construit il y a plus de 20 ans, son étanchéité est constituée d'un Bicouche goudronné de couleur sombre.

Les exploitants ont constaté qu'en été, cette surface dépassait les 50°C (poser la main dessus était impossible) ce qui entraînait un réchauffement du magasin, et un inconfort pour les clients et le personnel.

Il a alors été décidé de tester la solution CoolRoof (CR-France) avec une peinture « bouclier thermique » à base d'un liant et d'un composé réfléchissant solide : la silice amorphe.

Le détail des surfaces composant le toit est en annexe 1, avec plus de 450m<sup>2</sup> de surface translucide, pour les évacuations de fumée et les puits de lumière.

Ces surfaces laissent entrer également de la chaleur, mais il n'est pas possible de les opacifier ici.

Le reste de la surface de toit plein a été peint avec le système CR, à l'exception d'un carré témoin de 4x4m.

Dans cet Avis, nous allons analyser les conséquences au niveau des consommations électriques, et des relevés de températures, suite à cette opération ayant pour but premier de réduire les consommations électriques estivales.

## 3. Descriptif de la peinture CR.

Des particules solides de silice amorphe sont mélangées dans un liant élastomère, devant assurer l'adhérence, la résistance aux UV solaires, et l'élasticité suffisante pour suivre les dilatations des supports lors des variations de température.

Les principales caractéristiques sont en annexe 8.

## 4. Les résistances thermiques du toit, avec ou sans la peinture CR

### 4.1 Généralités

Afin de déterminer l'influence de la peinture CR sur la résistance thermique (Rth) de l'isolation de la toiture, il faut évaluer l'état de l'isolation existante.

Ce bâtiment construit il y a plus de 20 ans, avait à l'origine une isolation de 10cm de laine de verre, qui est aujourd'hui estimée avoir une épaisseur résiduelle de 8cm.

# AVIS d'EXPERT - JUILLET 2017

## EFFET sur les CONSOMMATIONS électriques

### Dues à la peinture de toit COOLROOF

Sa résistance thermique résiduelle est calculée à partir du lambda de cet isolant, qui a lui-même vieilli, et donc augmenté du fait des poussières, ou vieillissements chimiques dus à la vapeur d'eau de l'air, ou aux liants polymères constitutifs, etc.

#### 4.2 Calcul des résistances thermiques Rth :

Rth de l'isolant du toit, avec lambda entre 0,035 et 0,045 W/mK (vieille laine), et une épaisseur résiduelle de 8cm

$$R_{th} = \text{épaisseur} / \text{lambda} = 0,08 / 0,035 \text{ à } 0,045 = 2,2 \text{ à } 1,8 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Rth de la peinture CR, avec lambda CR = 0,100 W / mK, et une épaisseur de 0,5 à 2mm dans les creux du Bicouche, soit en moyenne : 1mm (approx)

$$R_{th} = 0,001 / 0,100 = 0,01 \text{ m}^2\text{K/W}$$

#### 4.3 Conclusion sur les Rth

La peinture CR ajoute de l'ordre de 0,5% à la Rth de l'isolant du toit, ce qui représente un ratio 40 fois inférieur à l'incertitude de l'estimation du lambda de la laine isolante.

De ce fait, l'effet isolant thermique de la peinture CR est donc considéré comme négligeable au regard des autres paramètres thermiques, et des marges d'erreur des estimations, des relevés de température et de consommations électriques.

## 5. Analyse des consommations électriques globales

### 5.1 Périmètre des consommations électriques :

Afin de mettre en valeur les conséquences de la peinture CR sur les consommations électriques, il a été nécessaire de définir un périmètre constant des consommations électriques sur la période de relevé des consommations pluriannuelles, pour pouvoir au final les comparer.

Cet hyper utilise uniquement des équipements de chauffage et de refroidissement électriques, y compris pour la production d'ECS.

Les consommations électriques en annexe 4 sont alors ajustées suivant les événements rapportés, et sont listés dans le tableau de calcul en annexe 5, avec leurs puissances électriques liées, parfois en sous-consommation, comme l'installation des tubes LED, entraînant une augmentation artificielle du périmètre, ou d'autres fois avec des surconsommations, comme l'ajout d'un rideau d'air chaud, créant une nouvelle consommation qui a donc été déduite, pour revenir au même périmètre de référence, arbitrairement choisi en 2014-15, en première partie du tableau des consommations.

Il est à regretter que l'absence de relevé des démarrages des groupes de climatisation, empêche de corrélér fiablement ce phénomène aux conditions météorologiques estivales, principalement température et ensoleillement, ici en annexe pour mémoire.

On peut également noter que l'installation des tubes LED 31W à la place des tubes néon 58W, donne une économie macro au compteur, sur les consommations électriques moyenne de 31MWh/mois sur les 3 mois après leur installation, et avant la peinture CR, alors que la réduction de la puissance installée donnerait une consommation réduite théorique de 26MWh/mois pour 12h d'ouverture par jour ouvré, cet écart donne la limite de l'approche « macro », soit une incertitude de l'ordre de 15%, hors variation climatique.

#### 5.2 Bilan des températures moyennes mensuelles.

Les relevés de ces températures moyennes mensuelles en annexe 4 sont proches, sur ces 3 périodes considérées. En première approche, climatiquement ces années sont comparables.

Pour analyser les phénomènes météorologiques ponctuels plus aléatoires, comme des journées de fortes chaleurs en été ou de froid plus intense en hiver, à l'origine du démarrage des systèmes de chauffage ou de climatisation, on peut faire la même remarque que précédemment sur le manque de données d'exploitation suffisamment précises.

#### 5.3 Conclusion sur les consommations électriques globales

Après analyse des informations de consommation électrique globale à la lumière des événements présentés par l'exploitant, les économies résiduelles constatées sur les consommations électriques sont alors affectées aux conséquences positives globales de l'application de la peinture CR sur le toit plat de l'hyper, tous les autres paramètres ayant été rendus identiques par ailleurs.

Suivant ce principe on peut donc dire que la peinture CR a induit une économie annuelle moyenne de 178 MWh de consommation électrique, comparées à 2014, sur les deux années qui ont suivi l'application de ce système sur le toit de l'hyper E.Leclerc de Quimper, 2015 et 2016.

Soit au coût moyen de 0,085 /kWh électrique, une réduction de 15k de dépense annuelle sur le poste électricité.

## 6. Les relevés de température 2015-2017

### 6.1 Les relevés de température sur le toit.

Ils ont été commencés en juin 2015, et continuent actuellement.

Ils ne permettent donc pas de comparaison avec l'année de référence des consommations électrique 2014, mais apportent des informations complémentaires sur les effets du CR.

Pour cet Avis d'Expert, seront traitées les données sur la période allant du 23 juin 2015, au 22 juin 2017, avec une mémorisation tous les ¼ heure, soient 96 lignes par jour, avec les 9 températures, et leurs 9 alarmes associées, donnant près de 60 000 lignes de 20 mesures.

Des incidents techniques ont été relevés, ainsi que des incohérences de mesure, impliquant soit l'intégrité des sondes (ex : air > 100°C), soit des influences externes (ex : RA1 > 50°C), qui ont conduit à supprimer certains relevés.

### 6.2 Période de mesure disponible

Les mesures mises à disposition vont du 30 juin 2015 au 22 juin 2017, soient 723 jours, avec une mémorisation tous les quart d'heure.

Il y a 56 985 lignes, au lieu de 69 408, du fait de 111 jours d'arrêt, et autres rejets de données.

Le système indique des alarmes, qui semblent pouvoir être dues à la valeur mesurées (inf à -5°C, ou sup à 60°C) mais aussi des alarmes propres au matériel, que nous ne sommes pas en mesure de comprendre ici. Les relevés ayant une alarme active sont éliminés.

### 6.3 Analyse de la température ambiante : RA 1.

Cette sonde doit mesurer la température ambiante, hors influence du toit, qu'il soit peint ou non.

Elle a été placée en limite des zones peinte et non-peinte, sur un support de 1m de haut.

Mais des relevés de température dépassent 40°C et atteignent 55°C. Il faut donc rechercher une autre source de chaleur, qui peut être le rejet d'air chaud du bloc-climatisation proche, en cas de vent faible dans cette direction. Ces relevés extrêmes montrent qu'en cas de démarrage des blocs de climatisation, les relevés RA 1 ne sont plus fiables.

En l'absence d'enregistrement de ces démarrages, il est difficile d'éliminer les périodes de mesure à risque.



Les données RA1 ne sont donc pas fiablement exploitables dans leur totalité en été, qui est la saison principale d'étude.

#### 6.4 Analyse des températures intérieures : RA 5 et RA 6,

RA 5 est la sonde qui mesure la température intérieure à l'hyper, sous le carré non-peint, et RA 6 sous la surface de toit peint.

Pour mesurer l'impact de la peinture dans l'hyper, il aurait été nécessaire d'éliminer les mouvements d'air autour de ces sondes, avec par exemple des jupes rigides ou souples et lestées.

On ne peut donc affirmer avec certitude la pertinence de ces mesures, qui semblent subir des mouvements d'air surchauffé dans les puits de lumière, entraînant des pics dépassant les 50°C.

De plus, de nombreuses mesures sont erratiques après mai 2016, et de nombreuses alarmes sont signalées par le système après le 17/4/2016.

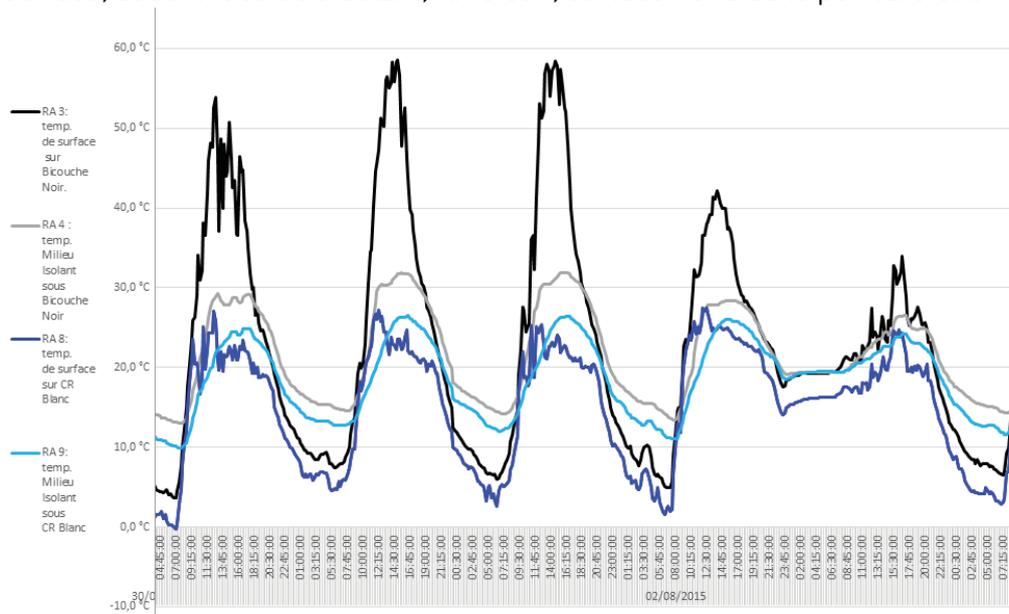
Il semble prudent de ne pas chercher de conclusion à ces données.

#### 6.5 Analyse des températures de surface, et intérieures à l'isolant RA-3-4-8-9

RA 3 et RA 8 sont respectivement les températures en surface du toit non-peint et peint avec CR, alors que RA 4 et RA 9 sont respectivement les températures en milieu d'isolant, sous RA 3 et RA 8.

Prenons 2 exemples caractéristiques :

en plein été, le 2 août 2015, sondes RA 3, 4, 8 et 9, les températures de surface, et au milieu de l'isolant, RA 3 et 4, surface noire sans peinture CR:



**AVIS d'EXPERT - JUILLET 2017**  
EFFET sur les CONSOMMATIONS électriques  
Dues à la peinture de toit COOLROOF

On peut noter que de nuit (dans le creux des courbes), la température de surface peinte CR est systématiquement 3 à 5°C inférieure à celle de la surface non peinte, ce qui est certainement dû au rayonnement plus intense de la surface réfléchissante blanche, et non compensé par la Rth trop faible de la peinture, malgré la présence de silice amorphe, qui est un excellent agent isolant, sous sa forme hydrophobe.

Note : les petites variations peuvent être dues à des passages nuageux, des ondées, ou des masses d'air nocturnes.

Période du 30/06/2015 au 29/06/2016				
	RA 3	RA 4	RA 8	RA 9
Min	-9,1 °C	6,1 °C	-11,0 °C	2,9 °C
Max	62,4 °C	40,1 °C	38,7 °C	34,4 °C
Moy	11,9 °C	18,8 °C	10,7 °C	15,4 °C

On retrouve un décalage similaire entre les températures en milieu d'isolant, ce qui laisse supposer que cet écart de température se transmettra bien jusque dans le volume utile

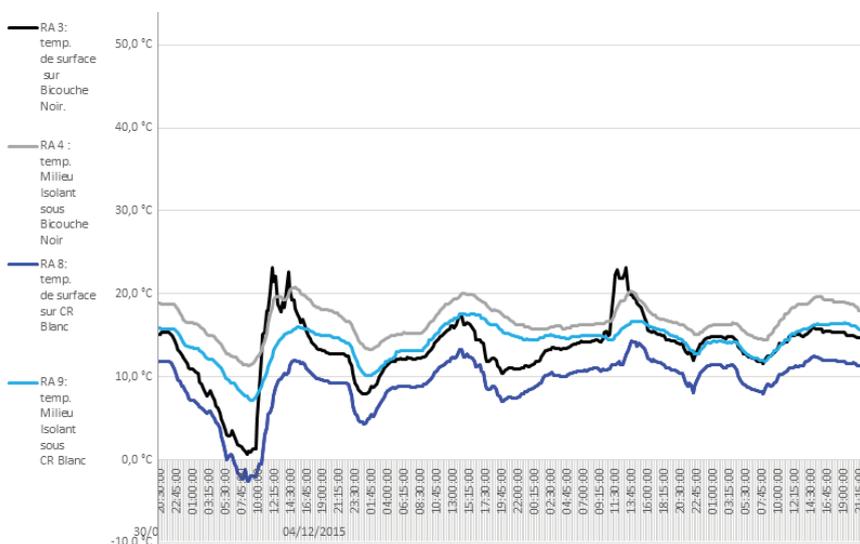
de l'hyper, mais en s'atténuant plus la Rth de l'isolant sera importante. L'absence de sonde en sous-face du toit ne permet de le confirmer

Les calculs de flux de chaleur permettront de corroborer cette première analyse, se référer à l'Avis d'Expert de Christian Cardonnel.

Mais l'effet le plus intéressant pour la période estivale, est la limitation de l'échauffement de la surface du toit directement exposée au rayonnement solaire, les sommets de la courbe.

Alors que RA-3 avoisine les 60°C sur la surface non peinte, on ne dépasse jamais les 40°C sur les surfaces peintes, voire les 30°C pour les journées en référence sur l'extrait ci-dessous.

Et sur l'année de relevés servant à cette analyse, ce phénomène se confirme:



Quant à la période hivernale, on peut noter le même écart entre les températures de surface, et les températures de milieu d'isolant, inférieures de 3 à 5°C pour la surface peinte.

Ce qui laisse supposer que l'hyper est moins réchauffé par le soleil en hiver, du fait de la peinture CR.

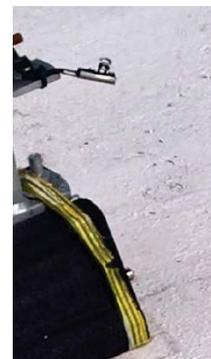
Il serait intéressant de faire un bilan des consommations de chauffage sur ces périodes, données non disponibles.

6.6 Analyse des températures 20cm au-dessus du toit : RA 2 et RA 7

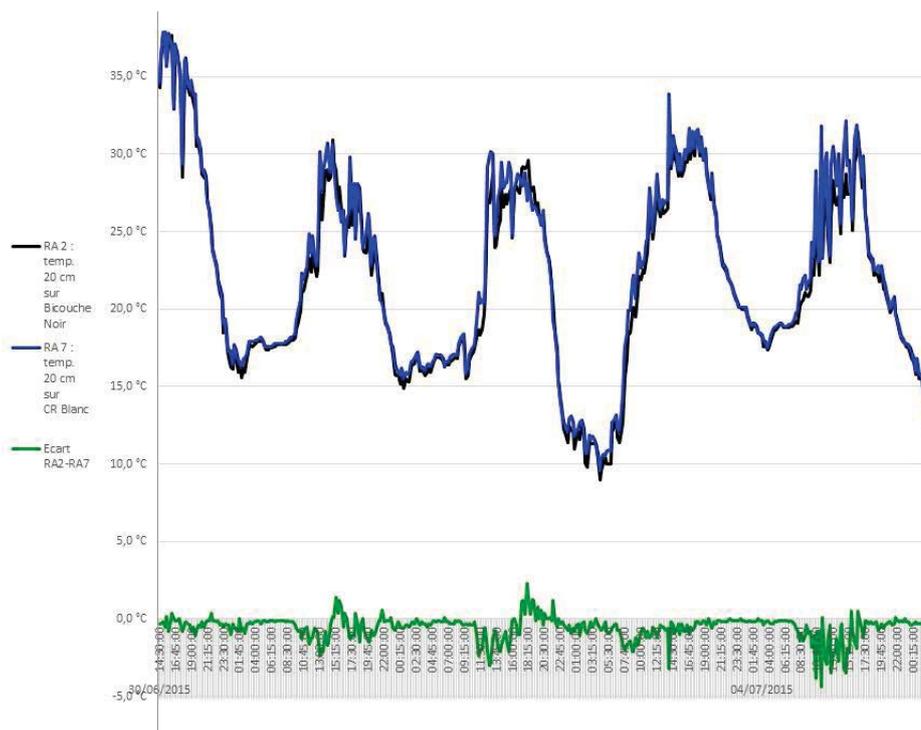


Ces mesures permettent de comparer les conséquences sur la température de l'air au-dessus des surfaces de toit, du fait des différents flux thermiques.

RA 2 mesure la température de l'air 20cm au-dessus du carré de toit non-peint, RA 7 au-dessus du toit peint, et la 3eme courbe montre l'écart entre ces 2 relevés.



On peut noter, que pour limiter l'influence des mouvements d'air sur le toit, des confinements auraient pu être mis autour des sondes, à distance suffisante des sondes pour ne pas influencer les mesures par des rayonnements parasites, ou des ombres projetées trop importantes.



En été, par journée ensoleillée, on constate les écarts maximaux, avec une température au-dessus du CR presque 5°C supérieure.

Ceci s'explique par le double rayonnement auquel est soumis l'air, avec un rayonnement incident solaire, et un rayonnement réfléchi par le CR. Ceci corrobore les relevés des températures de surface RA 3 et RA 8 en été, inférieure en surface du CR.

# AVIS d'EXPERT - JUILLET 2017

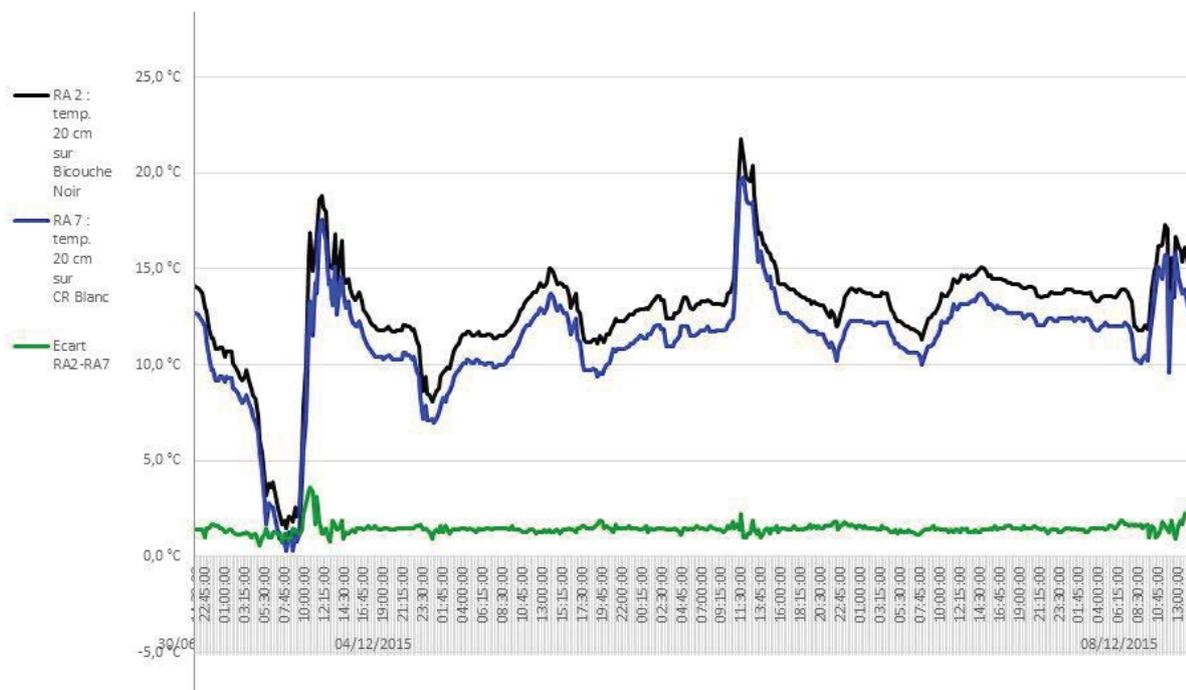
## EFFET sur les CONSOMMATIONS électriques

### Dues à la peinture de toit COOLROOF

En hiver, en période peu ensoleillée (sans pic de jour important), le fait que l'air au-dessus du CR soit plus froid alors que ce revêtement est plus rayonnant, laisse supposer qu'une autre source de chaleur que le rayonnement du toit est en cause pour la zone non-peinte, comme des micro fuites d'air chaud provenant de l'intérieur de l'hyper. Ce phénomène reste à expliquer, mais il pourrait renforcer les effets positifs du CR sur les bilans énergétiques globaux.

Moyenne des relevés RA 2 et RA 7 :

Période		RA 2	RA 7	Diff
30/06/2015	Min	-5,7 °C	-7,0 °C	-4,9 °C
29/06/2016	Max	38,5 °C	38,3 °C	6,9 °C
	Moy	13,5 °C	12,2 °C	1,3 °C



## 7. Conclusions

### 7.1 Sources d'information

Il est rare qu'un bâtiment en cours d'exploitation soit autant instrumenté, ce qui a permis de fournir de nombreuses données pour rédiger cet avis.

Il est un peu dommage que certaines données n'aient pu être plus exploitées du fait de dysfonctionnement des sondes, et surtout frustrant que les consommations électriques n'aient pas permis de distinguer les consommations des différents matériels installés. De ce fait, certains aspects des économies constatées restent à approfondir, surtout hors période estivale.

### 7.2 Energies

Les calculs dépendent étroitement du coût des énergies pour chauffer et refroidir le bâtiment. Ces deux coûts du kWh ne doivent donc pas être analysés ensemble, exemple de source : réseau urbain de chaleur, solaire thermique, PAC ou climatisation sur puit canadien, ou chaudière fuel ou bois, etc. ont des prix très disparates et fluctuants, il en va de même avec le kWh électrique et le développement de l'électricité photovoltaïque en autoconsommation.

Pour cette étude sur le bilan global des consommations d'électricité, il n'a pas été tenu compte de ces écarts, même si les rendements des équipements électriques pour produire ici de la chaleur ou du froid ne sont bien sûr pas identiques.

### 7.3 Rentabilité

La réduction des consommations électriques pour la climatisation suite à la peinture CoolRoof mise en place à Quimper ne fait pas de doute.

D'une façon générale, la rentabilité d'une telle opération est bien sur propre à chaque bâtiment, mais elle sera d'autant plus forte que le bâtiment se situe en zone à fort ensoleillement, qu'il consomme beaucoup pour sa climatisation, que le pourcentage de surface non-peinte soit faible, que la source de froid en été ait un prix du kWh-froid élevé, et que la source de chaleur en hiver du kWh-chaud ait un prix faible.

### 7.4 Prochaines étapes, et autres effets à quantifier

Pour compléter cet avis, il sera nécessaire de réaliser une étude théorique complète sur les flux de chaleur, afin de recouper la pertinence des relevés électriques avec des résultats théoriques complets.

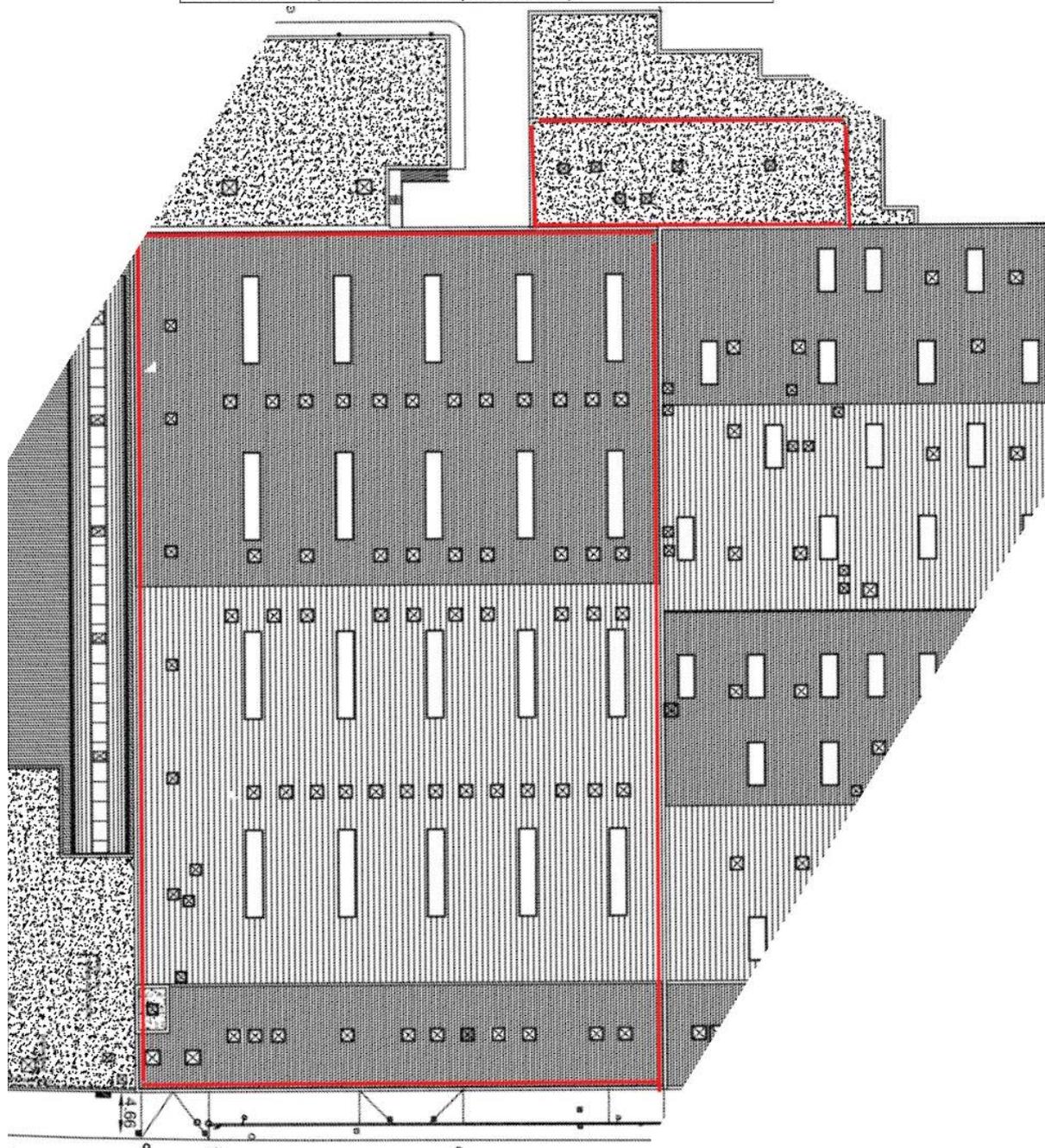
Et il serait très intéressant d'avoir les relevés des consommations d'un bâtiment situé dans une zone géographique à fort ensoleillement, afin de renforcer la pertinence de cette solution de bouclier thermique de toiture.

Enfin, d'autres effets plus indirects restent à quantifier : les îlots de chaleur urbains, le bien-être des salariés ou des clients, l'amélioration et la protection de la toiture existante suite au bouchage des microfissures et au blocage des rayons solaires, devront faire l'objet de protocoles spécifiques, car ils ne reposent pas sur des mesures physiques directes, ils sont donc moins faciles à quantifier, bien que réels et ayant un impact positif sur la rentabilité financière de l'opération CR-F.

8. Annexes

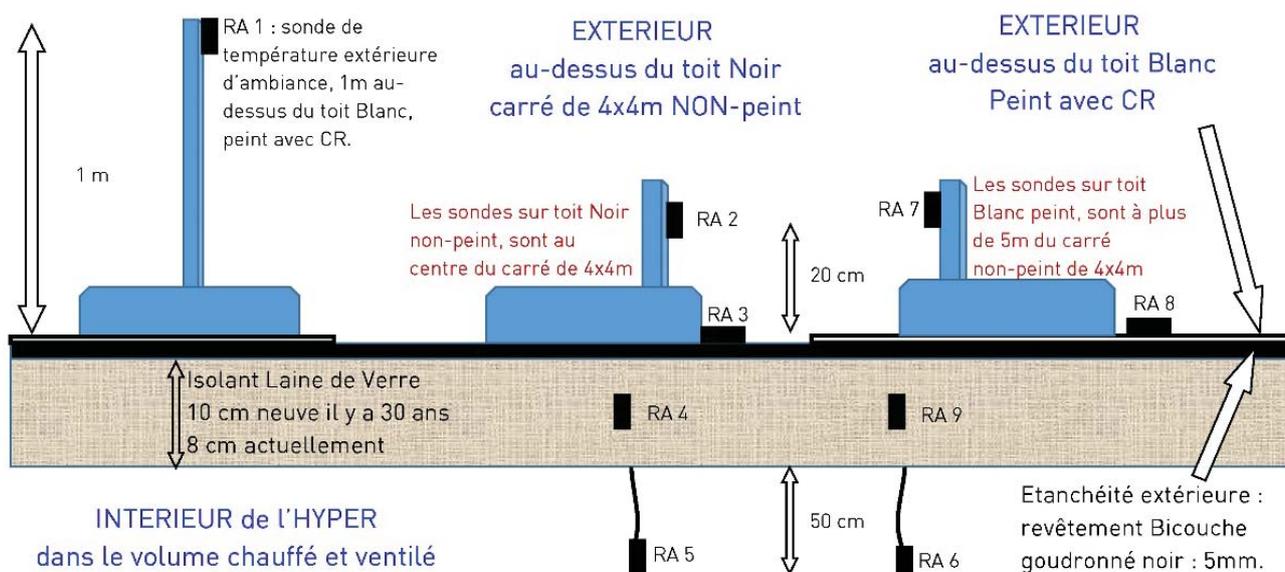
8.1 Annexe 1 : Les surfaces de toiture concernées

MESURES ECRAN E. Leclerc Quimper	sur plan		le coté Evac fumée.			Nombre d'équipement		
	Largeur	Longueur	Largeur	Longueur	Surface	Bat 1	Bat 2	
Evacuation fumée			1,2 m	1,2 m	1,4 m <sup>2</sup>	66	6	
Puit de lumière			2,0 m	10,0 m	20,0 m <sup>2</sup>	20	0	
Bloc Clim			3,0 m	5,0 m	15,0 m <sup>2</sup>	4	0	
Toit Bâtiment 1	210 mm	349 mm	58,5 m	97,2 m	5 680 m <sup>2</sup>	555,0 m <sup>2</sup>		
Toit Bâtiment 2	43 mm	125 mm	12,0 m	34,8 m	417 m <sup>2</sup>		8,6 m <sup>2</sup>	
Surface totale:	6 097 m <sup>2</sup>		Surface totale peinte:			5 533 m <sup>2</sup>		
Surface translucide (90% des surfaces non-peintes hors clim.):						453 m <sup>2</sup>		



8.2 Annexe 2 : Les 9 sondes de température :

INSTRUMENTATION du LECLERC de QUIMPER  
de 2015 à 2017 :  
9 sondes de température



RA 2 (sur Noir) et RA 7 (sur Blanc) : 2 sondes de température extérieure 20cm au-dessus du toit.  
RA 3 (sur Noir) et RA 8 (sur Blanc) : 2 sondes de température extérieure au contact du toit.  
RA 4 (sous Noir) et RA 9 (sous Blanc) : 2 sondes de température au milieu de la laine isolante de la toiture.  
RA 5 (sous Noir) et RA 6 (sous Blanc) : 2 sondes de température intérieure à 50cm sous la face intérieure du plafond.

8.3 Annexe 3 : Tableau des relevés de Température

1	Date	Heure	RA 1	RA 1	RA 2	RA 2	RA 3	RA 3	RA 4	RA 4	RA 5	RA 5	RA 6	RA 6	RA 7	RA 7	RA 8	RA 8	RA 9	RA 9
2	23/06/2015	17:00:00	23,4 °C	Alarm	26,0 °C	Alarm	32,9 °C	Alarm	36,8 °C	Alarm	28,9 °C	Alarm	29,9 °C	Normal	26,6 °C	Normal	32,0 °C	Normal	32,2 °C	Normal
3	23/06/2015	17:15:00	23,4 °C	Alarm	26,4 °C	Alarm	33,2 °C	Alarm	36,0 °C	Alarm	28,8 °C	Alarm	29,7 °C	Alarm	27,6 °C	Alarm	30,8 °C	Alarm	31,4 °C	Alarm
4	23/06/2015	17:30:00	22,0 °C	Alarm	23,9 °C	Alarm	29,6 °C	Alarm	35,3 °C	Alarm	28,8 °C	Alarm	29,7 °C	Alarm	25,2 °C	Alarm	28,8 °C	Alarm	30,7 °C	Alarm
5	23/06/2015	17:45:00	22,3 °C	Alarm	24,3 °C	Alarm	29,6 °C	Alarm	34,5 °C	Alarm	28,3 °C	Alarm	29,5 °C	Alarm	24,3 °C	Alarm	28,2 °C	Alarm	30,0 °C	Alarm
6	23/06/2015	18:00:00	23,1 °C	Alarm	25,6 °C	Alarm	31,1 °C	Alarm	33,7 °C	Alarm	28,1 °C	Alarm	29,2 °C	Alarm	25,3 °C	Alarm	27,6 °C	Alarm	29,4 °C	Alarm
7	23/06/2015	18:15:00	22,4 °C	Alarm	24,7 °C	Alarm	30,0 °C	Alarm	33,2 °C	Alarm	27,9 °C	Alarm	29,0 °C	Alarm	24,8 °C	Alarm	27,2 °C	Alarm	29,0 °C	Alarm
8	23/06/2015	18:30:00	23,5 °C	Alarm	25,8 °C	Alarm	32,0 °C	Alarm	32,8 °C	Alarm	27,8 °C	Alarm	28,8 °C	Alarm	26,0 °C	Alarm	28,4 °C	Alarm	28,7 °C	Alarm
9	23/06/2015	18:45:00	25,0 °C	Alarm	27,5 °C	Alarm	32,2 °C	Alarm	32,7 °C	Alarm	27,7 °C	Alarm	28,7 °C	Alarm	27,5 °C	Alarm	27,4 °C	Alarm	28,6 °C	Alarm
10	23/06/2015	19:00:00	23,3 °C	Alarm	25,2 °C	Alarm	31,8 °C	Alarm	32,7 °C	Alarm	27,7 °C	Alarm	28,7 °C	Alarm	24,9 °C	Alarm	26,7 °C	Alarm	28,5 °C	Alarm
27856																				
27857	12/04/2016	09:30:00	12,1 °C	Normal	11,4 °C	Normal	6,8 °C	Normal	14,7 °C	Normal	17,4 °C	Normal	12,0 °C	Normal	9,7 °C	Normal	9,1 °C	Normal	12,6 °C	Normal
27858	12/04/2016	09:45:00	10,1 °C	Normal	10,7 °C	Normal	6,3 °C	Normal	15,4 °C	Normal	17,7 °C	Normal	12,2 °C	Normal	9,4 °C	Normal	9,3 °C	Normal	13,2 °C	Normal
27859	12/04/2016	10:00:00	11,9 °C	Normal	12,0 °C	Normal	7,1 °C	Normal	16,1 °C	Normal	17,9 °C	Normal	12,5 °C	Normal	11,1 °C	Normal	9,7 °C	Normal	13,9 °C	Normal
27860	12/04/2016	10:15:00	11,9 °C	Normal	11,9 °C	Normal	7,9 °C	Normal	16,8 °C	Normal	18,5 °C	Normal	13,0 °C	Normal	11,0 °C	Normal	9,7 °C	Normal	14,6 °C	Normal
27861	12/04/2016	10:30:00	17,2 °C	Normal	14,2 °C	Normal	9,5 °C	Normal	17,5 °C	Normal	18,8 °C	Normal	13,2 °C	Normal	13,3 °C	Normal	11,7 °C	Normal	15,0 °C	Normal
27862	12/04/2016	10:45:00	28,7 °C	Normal	20,2 °C	Normal	17,4 °C	Normal	18,3 °C	Normal	19,2 °C	Normal	14,4 °C	Normal	19,2 °C	Normal	18,8 °C	Normal	15,8 °C	Normal
27863	12/04/2016	11:00:00	28,8 °C	Normal	19,2 °C	Normal	20,6 °C	Normal	19,8 °C	Normal	19,7 °C	Normal	13,6 °C	Normal	18,9 °C	Normal	19,7 °C	Normal	16,5 °C	Normal
27864	12/04/2016	11:15:00	32,7 °C	Normal	21,8 °C	Normal	24,5 °C	Normal	21,7 °C	Normal	20,2 °C	Normal	14,2 °C	Normal	21,1 °C	Normal	20,5 °C	Normal	17,4 °C	Normal
58662																				
58665	22/06/2017	09:15:00	19,6 °C	Normal	21,6 °C	Normal	26,5 °C	Normal	23,4 °C	Normal	24,9 °C	Normal	23,6 °C	Normal	19,8 °C	Normal	19,3 °C	Normal	?????	Normal
58666	22/06/2017	09:30:00	19,6 °C	Normal	21,6 °C	Normal	27,6 °C	Normal	24,0 °C	Normal	25,1 °C	Normal	23,9 °C	Normal	19,6 °C	Normal	19,5 °C	Normal	?????	Normal
58667	22/06/2017	09:45:00	20,2 °C	Normal	23,0 °C	Normal	29,7 °C	Normal	24,5 °C	Normal	25,2 °C	Normal	24,0 °C	Normal	20,7 °C	Normal	20,3 °C	Normal	?????	Normal
58668	22/06/2017	10:00:00	21,9 °C	Normal	24,7 °C	Normal	32,5 °C	Normal	24,9 °C	Normal	25,5 °C	Normal	24,1 °C	Normal	23,0 °C	Normal	22,6 °C	Normal	?????	Normal
58669	22/06/2017	10:15:00	22,9 °C	Normal	24,0 °C	Normal	34,3 °C	Normal	25,7 °C	Normal	25,4 °C	Normal	24,2 °C	Normal	22,4 °C	Normal	22,5 °C	Normal	?????	Normal
58670	22/06/2017	10:30:00	22,9 °C	Normal	24,3 °C	Normal	35,1 °C	Normal	26,5 °C	Normal	25,1 °C	Normal	24,4 °C	Normal	22,6 °C	Normal	22,8 °C	Normal	?????	Normal
58671	22/06/2017	10:45:00	21,7 °C	Normal	23,6 °C	Normal	33,8 °C	Normal	27,0 °C	Normal	25,3 °C	Normal	24,5 °C	Normal	22,0 °C	Normal	22,5 °C	Normal	?????	Normal
58672	22/06/2017	11:00:00	20,5 °C	Normal	22,8 °C	Normal	32,4 °C	Normal	27,3 °C	Normal	25,7 °C	Normal	24,6 °C	Normal	20,3 °C	Normal	20,9 °C	Normal	?????	Normal
58673	22/06/2017	11:15:00	21,0 °C	Normal	23,0 °C	Normal	31,5 °C	Normal	27,2 °C	Normal	25,8 °C	Normal	24,7 °C	Normal	21,6 °C	Normal	22,1 °C	Normal	?????	Normal
58674	22/06/2017	11:30:00	20,7 °C	Normal	23,6 °C	Normal	33,8 °C	Normal	27,1 °C	Normal	26,1 °C	Normal	24,9 °C	Normal	21,8 °C	Normal	22,6 °C	Normal	?????	Normal



# AVIS d'EXPERT - JUILLET 2017

## EFFET sur les CONSOMMATIONS électriques

### Dues à la peinture de toit COOLROOF

#### 8.5 Annexe 5 : Calculs et analyses des consommations électriques

Mois	Evénement et Conso Totale Annuelle	Evolution /M-1	Temp Moy / mois		T° MAXI	moy	Jour Calendaire	Ev D1 Eco Conso 854 kWh/jeu	Ev D3 SurConso raccordé au réseau 103 kWh/jeu	Ev D4 SurConso gondole froid 240 kWh/jeu	Conso Elec TOTAL Corrigée 02 Ev 3 et Ev 4	Conso 02 Annuelle +Ev 134 MMWh	Evolution / mois-1	Evolution / 2014
			T° MINI	Moy										
<b>Contrat Elec 2014-15</b>														
mars-14	312 MWh		3,9 °C		13,4 °C		31 J/m				312 MWh			
avr.-14	266 MWh	-8,45%	5,9 °C		16,4 °C		30 J/m				266 MWh		-8,45%	
mai-14	283 MWh	1,08%	7,0 °C		17,4 °C		31 J/m				283 MWh		1,08%	
juin-14	291 MWh	3,00%	11,3 °C		21,7 °C		30 J/m				291 MWh		3,00%	
juil.-14	323 MWh	11,02%	13,8 °C		22,8 °C		31 J/m				323 MWh		11,02%	
août-14	304 MWh	-5,93%	11,5 °C		19,9 °C		31 J/m				304 MWh		-5,93%	
sept.-14	305 MWh	0,22%	9,3 °C	11,5 °C	23,1 °C	21,9 °C	30 J/m				305 MWh		0,22%	
oct.-14	299 MWh	-1,90%	10,7 °C		18,1 °C		31 J/m				299 MWh		-1,90%	
nov.-14	286 MWh	-4,46%	6,8 °C		13,6 °C		30 J/m				286 MWh		-4,46%	
déc.-14	330 MWh	15,41%	4,8 °C		11,1 °C		31 J/m				330 MWh		15,41%	
janv.-15	329 MWh	-0,23%	3,7 °C		10,8 °C		31 J/m				329 MWh		-0,23%	
fevr.-15	306 MWh	-7,07%	2,2 °C		9,7 °C		28 J/m				306 MWh	3 653 MWh	-7,07%	
<b>Contrat Elec 2015-16</b>														
mars-15	314 MWh	2,62%	5,2 °C		11,9 °C		31 J/m				314 MWh		2,62%	0,49%
avr.-15	257 MWh	-18,19%	7,0 °C		16,7 °C		30 J/m				257 MWh		-18,19%	-1,24%
mai-15	249 MWh	-2,96%	8,7 °C		16,3 °C		31 J/m				249 MWh		-2,96%	-2,54%
juin-15	260 MWh	4,56%	10,5 °C		20,4 °C		30 J/m				260 MWh		4,56%	-1,78%
juil.-15	260 MWh	-0,18%	13,3 °C		20,9 °C		31 J/m				260 MWh		-0,18%	-11,41%
août-15	254 MWh	-2,33%	12,5 °C		20,8 °C		31 J/m				254 MWh		-2,33%	-7,81%
sept.-15	249 MWh	-1,79%	9,5 °C	11,8 °C	20,8 °C	20,1 °C	30 J/m				249 MWh		-1,79%	-9,78%
oct.-15	250 MWh	0,27%	8,2 °C		18,5 °C		31 J/m				250 MWh		0,27%	-7,53%
nov.-15	260 MWh	4,00%	9,0 °C		14,8 °C		30 J/m				260 MWh		4,00%	-3,67%
déc.-15	305 MWh	22,22%	9,5 °C		14,4 °C		31 J/m				305 MWh		22,22%	0,55%
janv.-16	273 MWh	-10,48%	5,3 °C		11,4 °C		31 J/m				273 MWh		-10,48%	-9,91%
fevr.-16	257 MWh	-6,04%	4,4 °C		10,6 °C		29 J/m				257 MWh	3 450 MWh	-6,04%	-11,21%
<b>Contrat Elec 2016-17</b>														
mars-16	283 MWh	10,47%	3,5 °C		11,0 °C		31 J/m				283 MWh		10,47%	-4,12%
avr.-16	269 MWh	-5,06%	4,7 °C		13,6 °C		30 J/m				269 MWh		-5,06%	-4,97%
mai-16	260 MWh	-3,55%	8,9 °C		18,3 °C		31 J/m				260 MWh		-3,55%	-0,48%
juin-16	253 MWh	-2,38%	12,6 °C		19,6 °C		30 J/m				253 MWh		-2,38%	-2,05%
juil.-16	281 MWh	2,86%	13,6 °C		22,0 °C		31 J/m				281 MWh		2,86%	-6,66%
août-16	271 MWh	-4,06%	12,7 °C		23,3 °C		31 J/m				271 MWh		-4,06%	-2,44%
sept.-16	265 MWh	-2,20%	12,9 °C	13,0 °C	21,1 °C	21,5 °C	30 J/m				265 MWh		-2,20%	-11,18%
oct.-16	253 MWh	-4,49%	6,2 °C		16,4 °C		31 J/m				253 MWh		-4,49%	-2,10%
nov.-16	276 MWh	8,76%	5,4 °C		12,8 °C		30 J/m				276 MWh		8,76%	-6,40%
déc.-16	279 MWh	1,21%	4,2 °C		11,7 °C		31 J/m				279 MWh		1,21%	4,35%
janv.-17	292 MWh	4,83%	0,5 °C		9,3 °C		31 J/m				292 MWh		4,83%	-8,35%
fevr.-17	273 MWh	-6,79%	4,6 °C		11,5 °C		28 J/m				273 MWh	3 459 MWh	-6,79%	-4,03%
<b>BILAN</b>														
ELECTRICITE														
Ref: TOTAL annuel 2014-15														
TOTAL annuel 2015-16														
TOTAL annuel 2016-17														
Moyenne annuelle GAIN 2015-17														
Ref: TOTAL ÉTÉ 2014-15														
TOTAL ÉTÉ 2015-16														
TOTAL ÉTÉ 2016-17														
Moyenne estivale GAIN 2015-17														
Gain conso														
3 653 MWh														
17 k€ / an														
203 MWh														
13 k€ / an														
154 MWh														
15 k€ / an														
178 MWh														
8 k€ / an														
96 MWh														
6 k€ / an														
76 MWh														
86 MWh														
7 k€ / an														

Suivant tableau des relevés de consommation électriques, certifié E Leclerc Quimper.	
Gain de conso électrique après changement des tubes LED, à partir de P. unité:	
Nb Tubes Utilisation	Gain Tube LED
2000	12 hJ
Puissance TUBE décalage:	854 kWh/jeu
Neon 56 W LED 31 W	
Surconso Equipement conso:	25%
Puissance Elec consommée:	73 W
P / J Ouvré	1 740 kWh/jeu
P / J Cal. (67)	1 491 kWh/jeu
	638 kWh/jeu

Coût moyen du kWh d'électricité achetée et produite:	
0,085 €/kWh	
J Cal Ouv/ an	
313 J/an	

Ev 00 FACTURATION 2 mois EDF: 554 620 kWh, on fixe arbitrairement pr décembre 55% de la conso

Ev 01 remplacement éclairage par des LED: fini fin-AVRIL 2015

Ev 02 peinture finie 8 juillet 2015

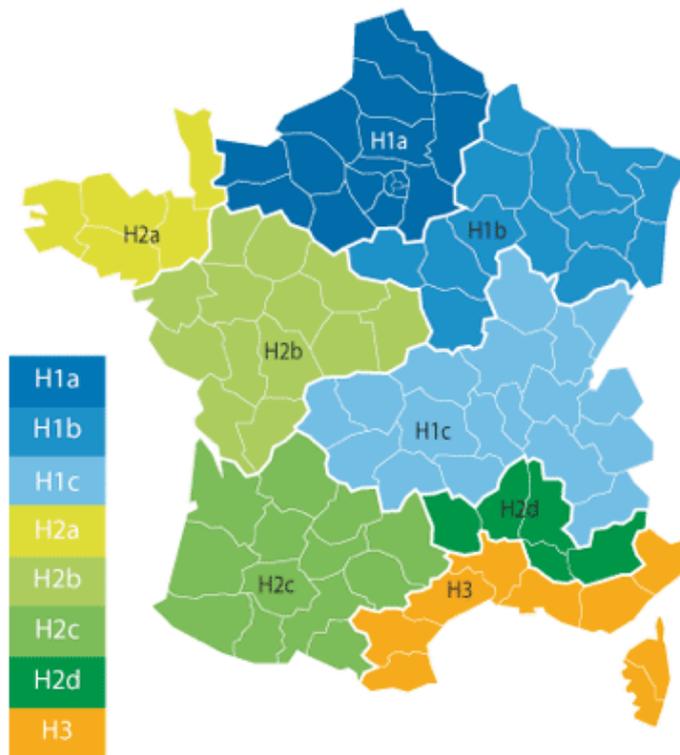
Ev 03 ajout rideau air chaud de 12kW, fonctionne 10h/jour du 1er janvier 2016 au 30 Avril 2016 puis 1er Novembre 2016 au 28 Feb 2017

Ev 04 hyper ouvert 6Jsem = 10h x 67J x 12 = 103 kWh/jeu

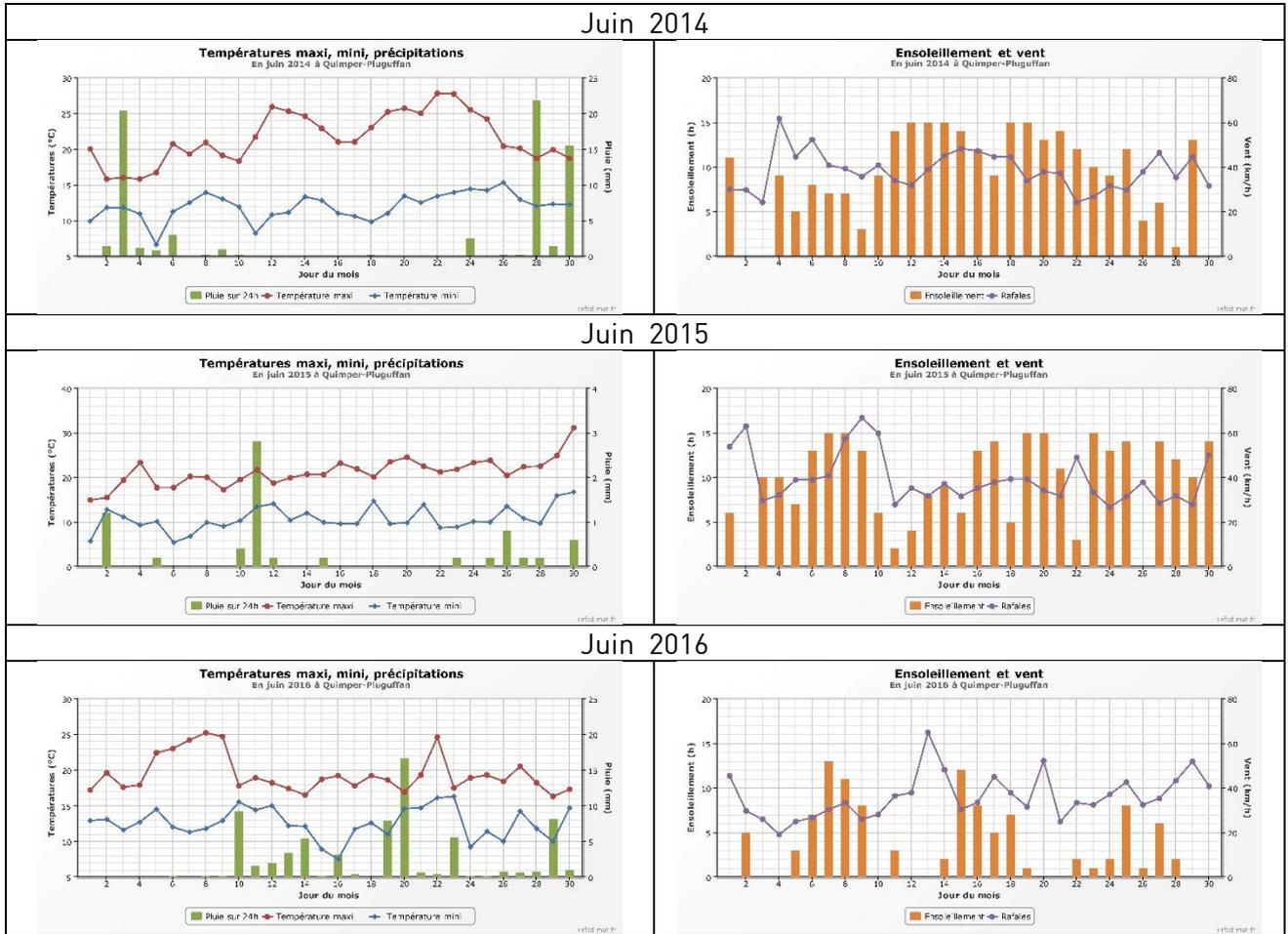
Ev 05 pb maintenance gondoles froids, retard de 4 mois = surconso de 50% des gondoles, 10kWh en + moy 24/24, de fevrier à fin juin 2016 = 10 x 24 = 240 kWh / Jcal

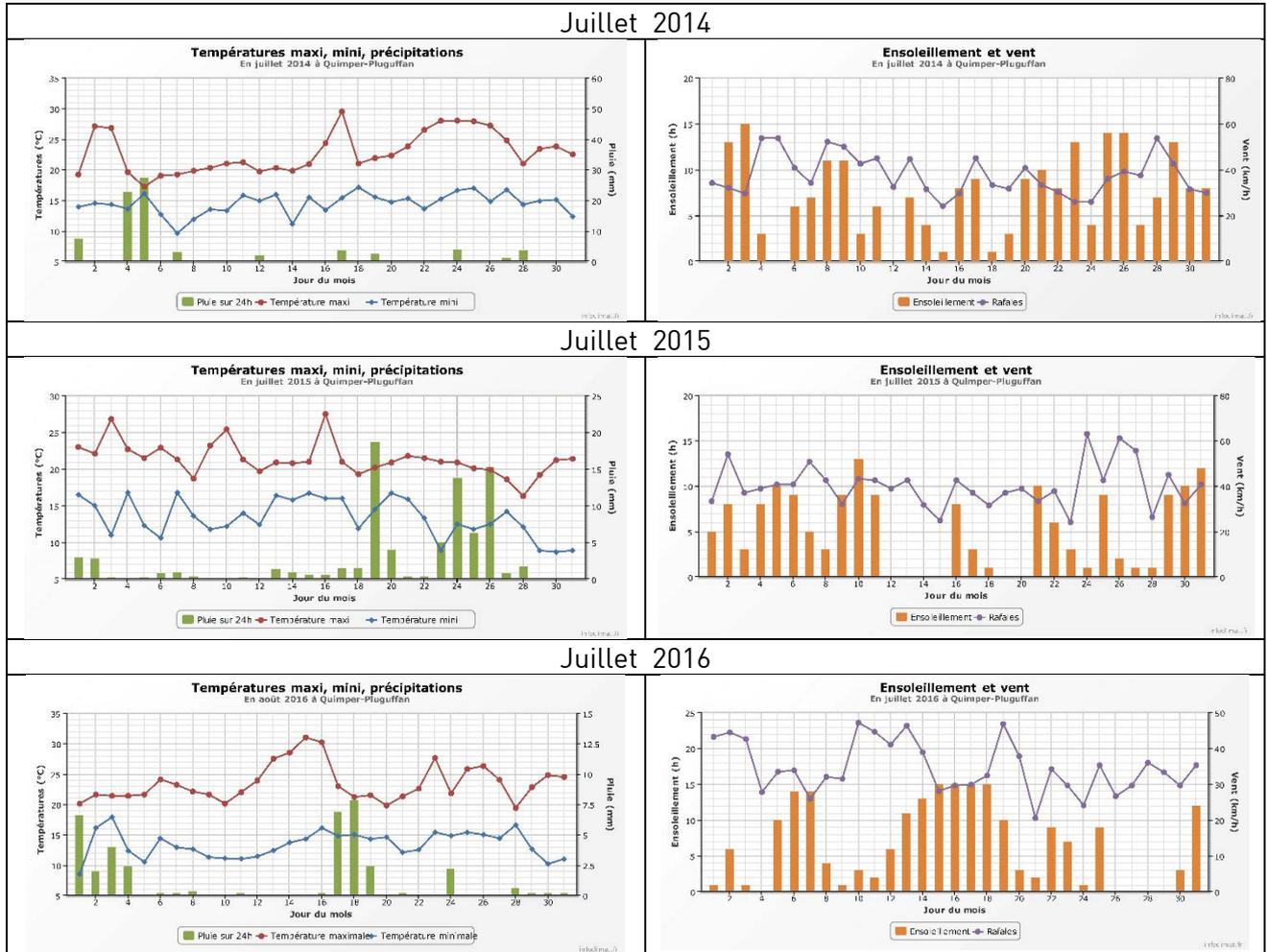
DJU degre jour unifiés, impact vague de froid, il a fallu chauffer plus.

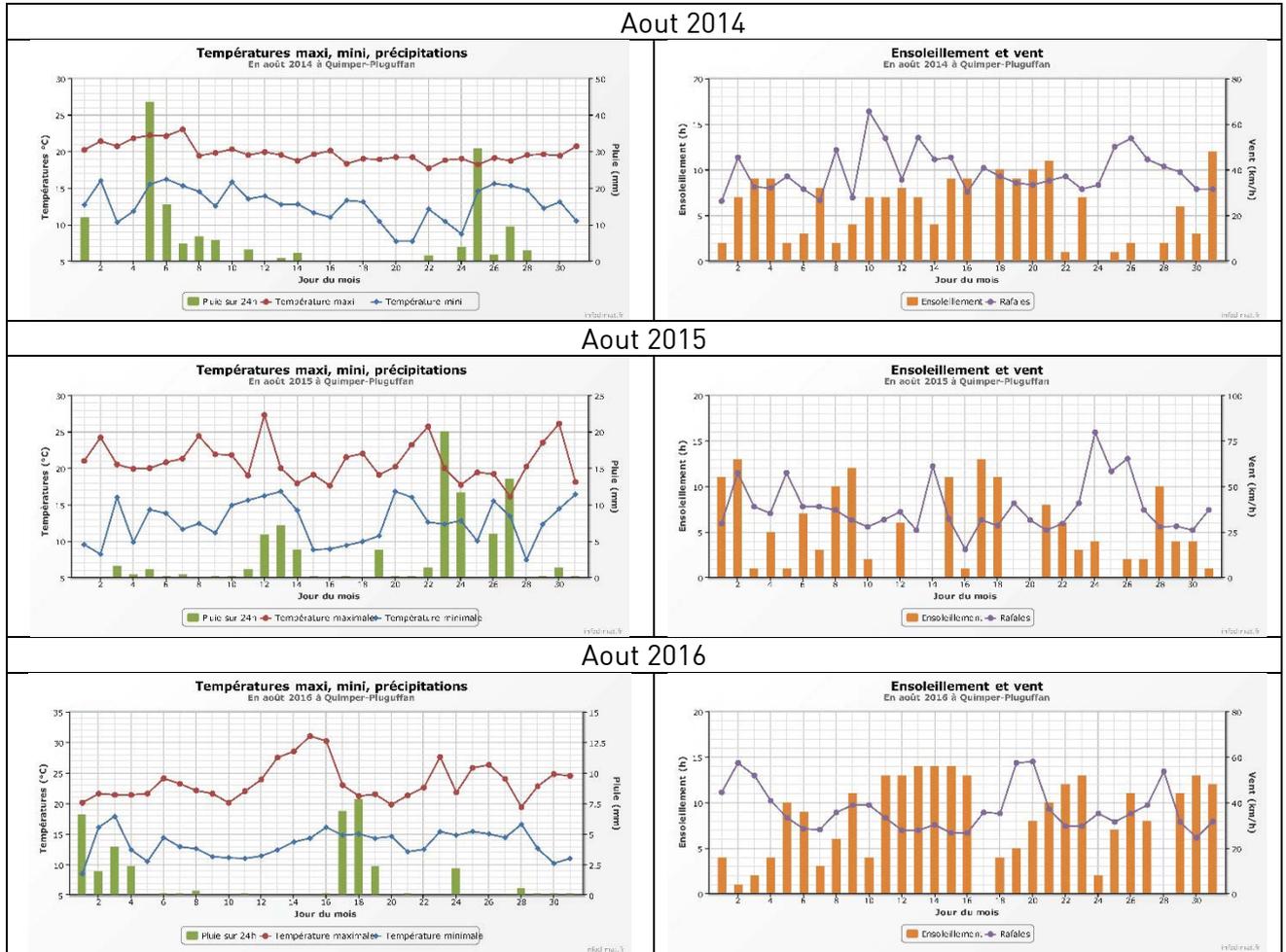
8.6 Annexe 6 : Classification des zones climatiques en France



8.7 Annexe 7 : Données météorologiques étés 2014-2016



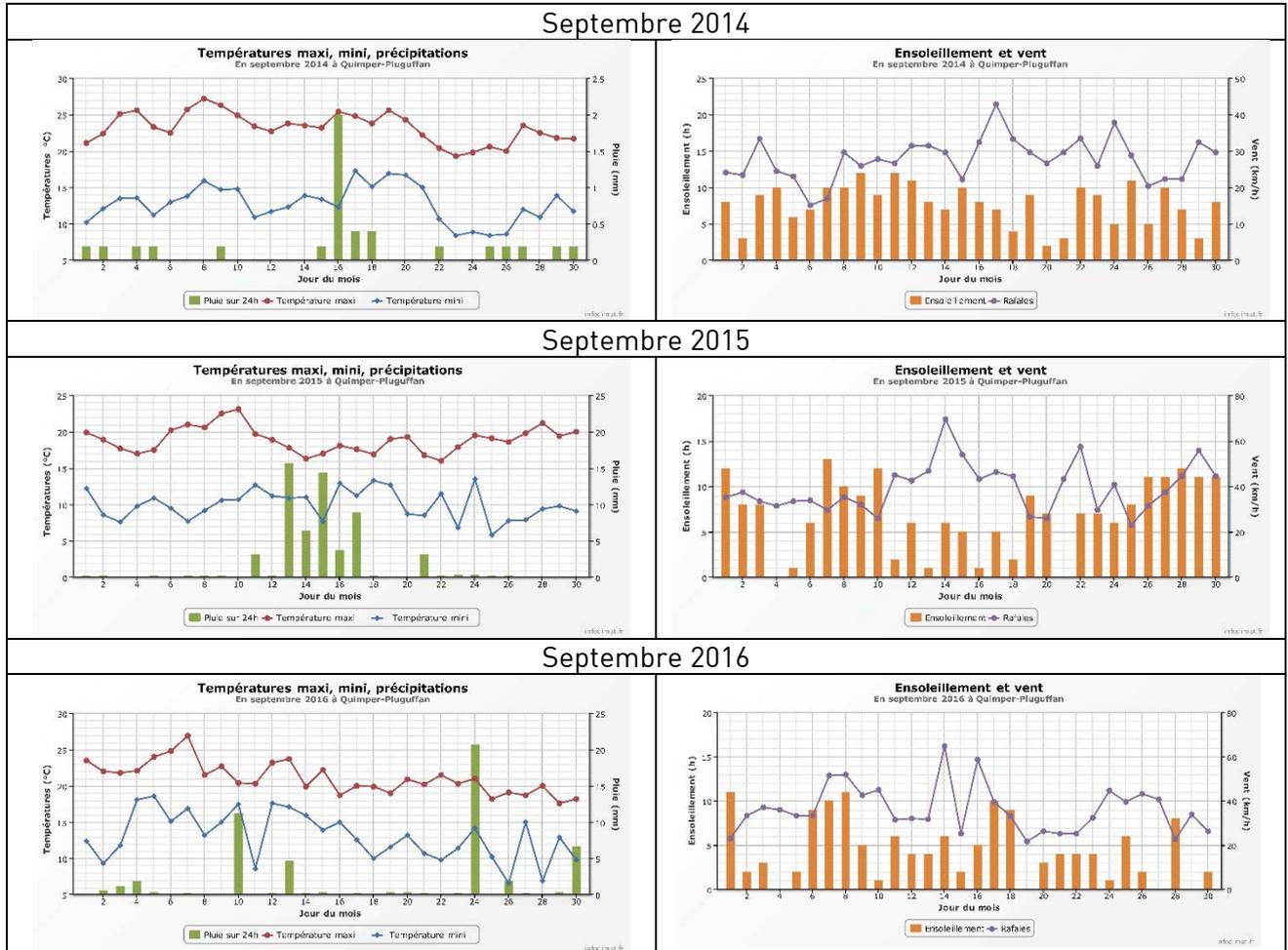




# AVIS d'EXPERT - JUILLET 2017

## EFFET sur les CONSOMMATIONS électriques

### Dues à la peinture de toit COOLROOF



8.8 Annexe 8 : Principales caractéristiques du produit CoolRoof.



Le bouclier thermique venu de l'espace

Tests, Normes et Certifications



Spécifications Normes & Tests	Valeur / Résultat	Qualification	Méthode d'essai
Réflectance VIS (Domaine Infrarouge du Spectre Visuel) 380 – 780 nm	95%	DIN EN 410	
Réflectance Domaine Infrarouge (IR). 700 – 2200 nm	94.76%	ASTM E 903-96	
Réflectance Totale 250- 2220 nm:	91.58%	ASTM G173-03	
Emissivité:	0.91	ASTM E408-71	
Indice de Réflectance Solaire (IRS)	117		
Conductivité Thermique $\lambda$ :	0.1 W/(mK)	EN ISO 12667:2004	
Performance thermique des matériaux de construction:	Le revêtement (en 2 couches) offre une performance comparable à une plaque de polystyrène extrudé de 2 cm d'épaisseur env.	ISO 13786:2007	
Résistance aux fongiques:	Excellente résistance aux champignons (fongiques) et aux algues (lichens): Classe 1	Norme BS3900-G6:1989	BS3900-G6:1989
Test de vieillissement accéléré:	Test de vieillissement 18 mois; le revêtement n'a pas jauni.	ASTM E 903-96 et ASTM G173-03	Détermination de la réflectance solaire du revêtement.
Test de vieillissement accéléré en UVB:	Il a été observé que, après 1000 heures d'exposition, le film de la peinture a commencé à obtenir une couleur jaunâtre, sans changer d'aucune autre propriété. Même après 3000 heures d'exposition, seul un changement de couleur a été observé, et son élasticité n'a pas été affectée.	QUVB	En chambre QUV. La procédure d'essai d'altération comprend un cycle du rayonnement UV-B (4 lampes de 0,71W / m <sup>2</sup> à 60°C pendant 4 heures, respectivement), de la condensation (à 50°C pendant 4 heures) et la pulvérisation (au taux de 5L / min pendant 1min). gamme du spectre des UV-B lampes rayonnement est 314 nm.
Densité:	1.00 ±0.05 g/cm <sup>3</sup>	ISO 2811-1	ISO 2811-1
pH		ISO 19396-1	ISO 19396-1
Classifications GESVWAC :	Brillance : G3 Epaisseur du revêtement : E5 Granulométrie : S1 Perméabilité à la vapeur d'eau : W3 Résistance à la fissuration : A4 Perméabilité aux CO <sub>2</sub> : C1		
Teneur en COV	La teneur maximale en COV de ce produit est de 11 g/L.		Selon la valeur limite UE la teneur maximale en COV (directive 2004/42/CE) du produit prêt à l'emploi (catégorie A/C "Murs extérieurs, supports minéraux", Type WB): est de 40 g/L (2010).
Elasticité:	-10°C: 315%, 23°C: 381%, 60°C: 400%		



Certifié par le Conseil Européen Cool Roofs

Produit évalué: FA00000008