

ÉTUDE DE CAS

Recherche sur la valeur R axée sur le climat –
Bâtiment industriel situé à Chilliwack

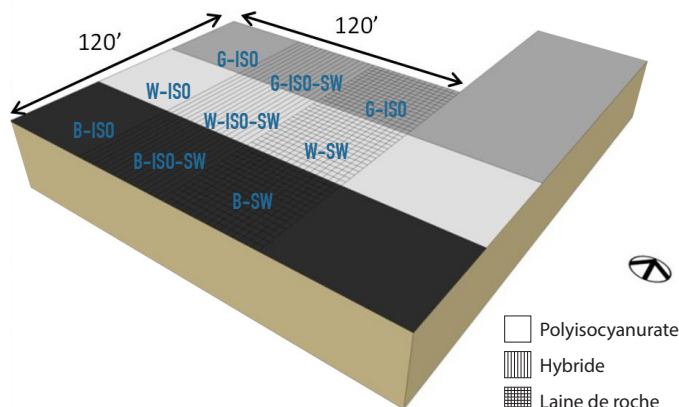
RDH

Making Buildings Better

Aperçu du projet

La présente étude de cas a été réalisée à partir d'une étude plus large portant sur la performance des toitures conventionnelles par RDH Building Engineering Ltd., étude présentée lors du RCI Symposium on Building Envelope Technology qui s'est tenu du 20 au 25 mars 2014.

Une étude de contrôle de grande envergure sur le terrain a été effectuée dans le Lower Mainland de la Colombie-Britannique dans le but d'évaluer les impacts et les avantages de la couleur de membrane et de la stratégie d'isolation sur le comportement thermique et hydrothermique à long terme et sur la performance des toitures conventionnelles. Une membrane de finition SBS bicouche de trois différentes couleurs a été installée sur trois différents systèmes isolants, créant un total de neuf assemblages uniques de toiture, sur un bâtiment industriel à Chilliwack, dans le Lower Mainland de la Colombie-Britannique, au Canada. La ville de Chilliwack est située dans la zone climatique 5 définie par l'ASHRAE, et son climat est semblable à celui de la plus grande métropole de Vancouver, à proximité; cependant, parce qu'elle est située à l'intérieur des terres, il y fait plus chaud en été et plus froid en hiver. La température annuelle moyenne enregistrée à l'aéroport de Chilliwack (à environ 1 km [0,6 mile] du site) est de 10,5°C (50,9°F), avec une moyenne de 18,5°C (65,3°F) en juillet et de 2,2°C (36,0°F) en janvier (Environnement Canada 2013). Des capteurs ont été installés à l'intérieur de chacun des neuf assemblages de toiture afin d'en mesurer la température, l'humidité relative, la teneur en humidité, le flux thermique et la stabilité dimensionnelle de l'isolant.

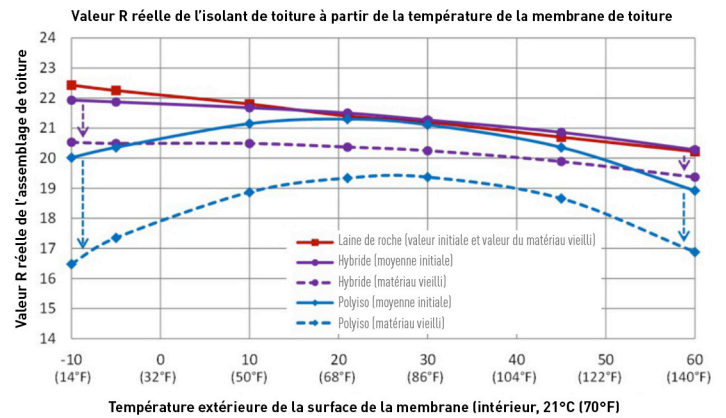


Valeurs R apparentes des agencements d'isolation

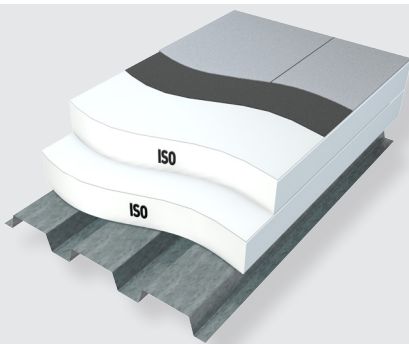
Des mesures en laboratoire ont été effectuées sur chaque produit isolant afin d'en déterminer la valeur R apparente; les résultats ont été utilisés pour déterminer les valeurs R apparentes des trois agencements d'isolation faisant l'objet de la présente étude, et qui sont présentés plus bas.

En mesurant les échantillons, nouveaux et vieillis, de l'isolant de polyisocyanurate (polyiso), on a été en mesure de prédire également les impacts du vieillissement à long terme sur la performance thermique du polyiso. Ce lot démontre la sensibilité de la valeur R apparente des différents assemblages de toiture quand ils sont exposés à des températures extérieures extrêmes de froid ou de chaleur.

Alors que l'assemblage de toiture incluant le polyiso affiche une valeur R nominale de R -21,3, sa performance est réduite à R-20 (ou même aussi basse que R-16,5) quand il est exposé au froid (-10°C (14°F)), selon les effets du vieillissement. Quand il est exposé à des températures chaudes (60°C (140°F)), la valeur R apparente est réduite à R-16,5 (ou même aussi basse que R-14,0), selon les effets du vieillissement. Dans l'assemblage hybride, l'utilisation d'une couche d'isolant de laine de roche (dans ce cas, équivalente à environ 45

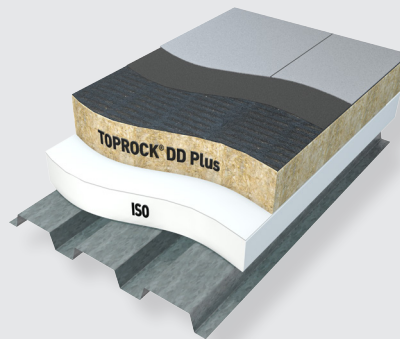


% de la valeur R de l'assemblage) par-dessus le polyiso améliore sensiblement la valeur R réelle du polyiso, car ce dernier est conservé à des températures quasi optimales (lesquelles sont semblables aux températures intérieures types); il en résulte donc une meilleure valeur R de l'assemblage à des températures froides et chaudes. L'assemblage de toiture isolé entièrement à la laine de roche affiche une valeur R plus stable (augmentant lors de températures froides, mais diminuant lors de températures chaudes de sa valeur R nominale) et n'est pas susceptible de perdre sa valeur R



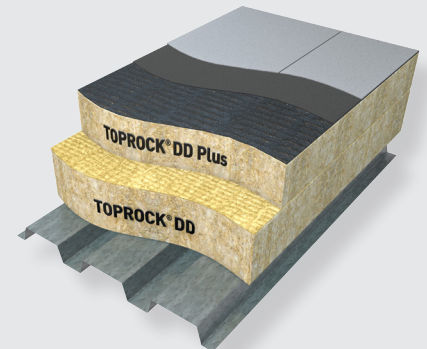
Assemblage de polyisocyanurate

- Membrane de finition SBS
- Membrane sous-couche SBS
- Panneau de protection bitumineux
- Isolant de polyiso 2 po
- Isolant de polyiso 1,5 po
- Pare-air/vapeur (SAM bitumineux)
- Platelage métallique



Assemblage hybride

- Membrane de finition SBS (blanche, grise, noire)
- Membrane sous-couche SBS
- Surface imprégnée de bitume
- Isolant de laine de roche de 2,5 po (couche supérieure)
- Isolant de laine de roche de 3,25 po (couche inférieure)
- Pare-air/vapeur (SAM bitumineux)
- Platelage métallique



Assemblage de laine de roche

- Membrane de finition SBS (blanche, grise, noire)
- Membrane sous-couche SBS
- Surface imprégnée de bitume
- Isolant de laine de roche de 2,5 po (couche supérieure)
- Isolant de laine de roche de 2 po (couche inférieure)
- Pare-air/vapeur (SAM bitumineux)
- Platelage métallique

Résultats de l'étude de contrôle sur le terrain

L'étude de contrôle sur le terrain a révélé de grandes différences en ce qui concerne le flux thermique et les températures de surface intérieures et extérieures attribuables à la couleur de la membrane, pâle à foncée. On a également constaté des différences importantes quant au flux thermique et aux températures de surface intérieures et extérieures attribuables à la stratégie d'isolation, conclusion unique à cette étude. En effet, un amortissement thermique apparent a été observé dans les assemblages d'isolant de laine de roche et d'isolant hybride comparativement à l'assemblage d'isolant de polyiso, se manifestant sous forme de mesures de flux thermique atténuées, de températures de surface de membrane de finition diminuées et de températures de surface intérieures réduites, surtout lorsque la toiture est chauffée par le soleil. La nuit, les différences entre

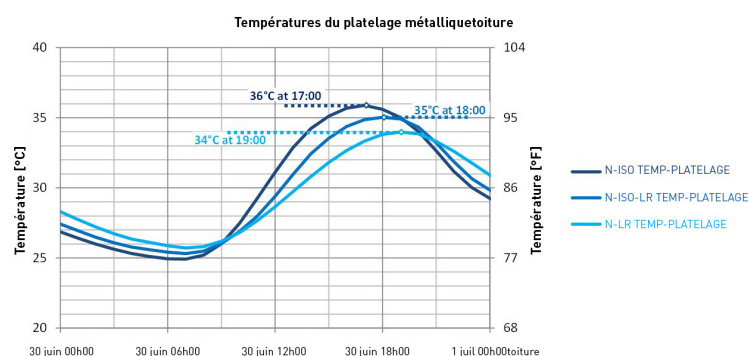
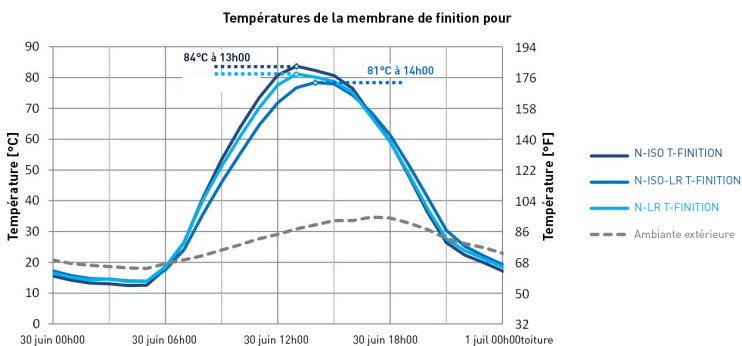
Le plus faible apport de flux thermique vers l'intérieur se produit dans les assemblages d'isolant de laine de roche.

les assemblages sont très minimes. Cet amortissement thermique est causé par la dépendance à la température de l'isolant de polyiso combinée à l'augmentation de la masse thermique de l'isolant de laine de roche, comparativement à l'isolant de polyiso (environ 3,4 fois de plus), combinaison qui pourrait aussi être affectée par un transfert de chaleur latente à travers l'assemblage. Cet amortissement des températures peut être avantageux sur le plan du confort thermique, de l'efficacité énergétique et de la durabilité de la membrane, car il modère les températures de pointe et, par conséquent, réduit les pertes et les gains d'énergie et, par ricochet, la vitesse de détérioration de la

Dans l'assemblage hybride, l'utilisation d'une couche d'isolant de laine de roche par-dessus le polyisocyanurate améliore sensiblement la valeur R réelle.



membrane en réduisant la dégradation chimique et le mouvement thermique. En résumé, le plus faible apport de flux thermique vers l'intérieur se produit dans les assemblages d'isolant de laine de roche, et va croissant dans les assemblages d'isolant de polyiso, puis dans les assemblages d'isolation hybride, étant donné les effets de la dépendance à la température des valeurs R de l'isolant, combinés à l'augmentation de la masse thermique de l'isolant de laine de roche (comparativement à l'isolant de polyiso) et du transfert de chaleur potentiellement latente. Les assemblages comportant une membrane de finition blanche accusaient généralement moins de flux thermique vers l'intérieur que les toitures dotées de membranes noires et grises.





Les résultats démontrent que le polyisocyanurate affiche la plus basse consommation énergétique pour le chauffage lorsque des constantes de conductivité sont utilisées, alors que la laine de roche affiche la plus faible consommation énergétique pour le chauffage lorsque des conductivités les plus sensibles à la température, et les plus exactes, sont incluses.



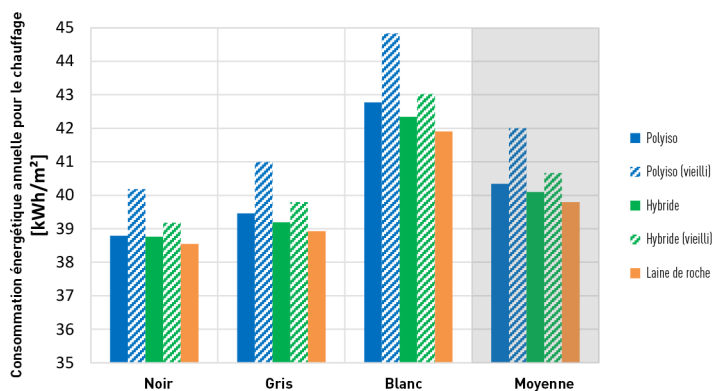
Sélection de la couleur de la membrane de toiture et de la stratégie d'isolation

Une modélisation énergétique de l'ensemble du bâtiment a été effectuée afin de sélectionner la couleur de membrane de toiture optimale (absorptivité solaire) et la meilleure stratégie d'isolation pour une toiture conventionnelle. Des simulations ont été effectuées afin de comparer les mêmes membranes de toiture (blanche, grise et noire) et les mêmes stratégies d'isolation de polyisocyanurate, de laine de roche et hybride utilisées dans l'étude. La différence globale dans la consommation énergétique pour le chauffage entre les deux cas est faible (généralement limitée à 1 kWh/m² (320 Btu/pi²) par année.

Les résultats démontrent que le polyisocyanurate affiche la plus faible consommation énergétique pour le chauffage lorsque des constantes de conductivité sont utilisées, alors que la laine de roche affiche la plus faible consommation énergétique pour le chauffage lorsque les conductivités les plus sensibles à la température, et les plus exactes, sont incluses. Ce résultat est important pour les modélisateurs de l'énergie et doit faire l'objet d'un examen plus poussé des propriétés des matériaux isolants par défaut à l'intérieur des programmes de modélisation de l'énergie.

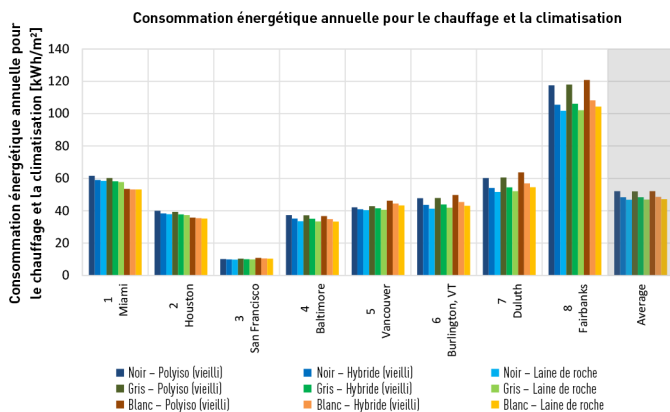
Lorsque l'on compare les couleurs de membranes de toiture dans chaque zone climatique, on se rend compte que la membrane noire utilise moins d'énergie pour le chauffage, mais davantage d'énergie pour la climatisation, alors que la membrane blanche utilise moins d'énergie pour la climatisation, mais plus d'énergie pour le chauffage. La consommation énergétique globale est plus faible pour les toitures à membrane blanche dans les zones climatiques où la climatisation domine (zones 1 et 2) et plus faible pour les toitures à membrane noire dans les zones climatiques où le chauffage domine (zones 5 à 8). Dans les zones climatiques où le chauffage et la climatisation sont combinés (zones 3 et 4), les différences entre les toitures à membrane pâle et celles à membrane foncée sont très minimes. Au fur et à mesure du vieillissement et de l'encrassement de la membrane, les économies réalisées par la membrane blanche pour la climatisation sont réduites, étant donné la diminution de la réflectivité de la surface. L'impact de l'encrassement et du vieillissement de la membrane est examiné dans une partie de la présente étude, mais le présent document n'en fait pas état.

Consommation annuelle d'énergie pour le chauffage - constante de conductivité



Conclusions et recommandations

Cette étude de contrôle a été mise en œuvre avec l'intention de mesurer les impacts et les avantages de la couleur de membrane de toiture et de la stratégie d'isolation sur le comportement hygrothermique et thermique à long terme ainsi que sur la performance des systèmes de toiture conventionnels. Sur le bâtiment à l'étude dans le Lower Mainland de la Colombie-Britannique, au Canada, trois différentes couleurs de membrane de finition SBS bicouche (blanche, grise et noire) ont été installées sur trois différents systèmes d'isolation conventionnels (polyisocyanurate, laine de roche et une combinaison hybride des deux) afin de créer neuf assemblages de toiture conventionnels uniques. Une réduction des températures de pointe a été



enregistrée pour les assemblages de laine de roche et hybride comparativement à l'assemblage de polyiso, réduction attribuable à l'effet combiné des valeurs R sensibles à la température, de la masse thermique de l'isolant et du transfert de chaleur latente. Cet amortissement des températures de pointe entraîne un décalage du transfert thermique de pointe et affecte la longévité de la membrane. La réduction des températures de pointe intérieures améliore généralement le confort des occupants. Qui plus est, la laine de roche affiche une valeur R plus stable que le polyisocyanurate pour la même valeur R installée (à noter que la valeur R installée n'est pas la même chose que l'épaisseur) de sorte qu'elle constitue un meilleur isolant quand elle est exposée à de plus grands écarts de température, phénomène fréquent pour les toitures; il en résulte une réduction de la consommation énergétique du bâtiment, comme l'a confirmé l'utilisation de modélisation énergétique pour l'ensemble du bâtiment.

L'étude a également démontré que la couleur de la membrane avait un impact important sur les températures de pointe et le flux thermique dans les assemblages de toiture : la membrane blanche accusait

Dans toutes les zones climatiques, l'isolant de laine de roche affiche la plus faible consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation, tandis que l'isolant en polyisocyanurate vieilli affiche la consommation énergétique la plus élevée à cause de la perte de sa valeur R initiale.

des températures maximales plus basses que les membranes grises et noires. Cette réduction de la température de la toiture avait également un impact sur la consommation énergétique des bâtiments. Dans les zones climatiques où le chauffage domine, les membranes noires réduisent la consommation énergétique en augmentant les gains de chaleur pour le bâtiment, alors que dans les zones climatiques où la climatisation domine, les membranes blanches se sont avérées optimales.

Dans l'ensemble, la présente étude donne un aperçu du comportement des assemblages de toiture conventionnelle à isolation de polyisocyanurate et de laine de roche, utilisant des membranes de couleur pâle à foncée. Lorsqu'on sélectionne les matériaux d'un système de toiture conventionnel, il est important de prendre en considération les effets de ces différentes options sur les aspects du bâtiment et la performance de la toiture, y compris la valeur R apparente dans des conditions d'utilisation, la consommation énergétique du bâtiment et la durabilité de la membrane. L'étude est toujours en cours et se poursuivra pour quelques années encore.

Produits ROXUL utilisés :

2,5 po TOPROCK® DD – 9600 pi. car.

3,25 po TOPROCK® DD – 4800 pi.car.



Making Buildings Better

Consultant :

RDH Building Engineering

224 W 8th Avenue, Vancouver, BC, V5Y 1N5

www.rdh.com

Partenaire :

Soprema

Lieu : Chilliwack, Colombie-Britannique

Échéancier du projet : 2013 à maintenant

Taille du projet : 14 400 pi. car. de la zone d'essai