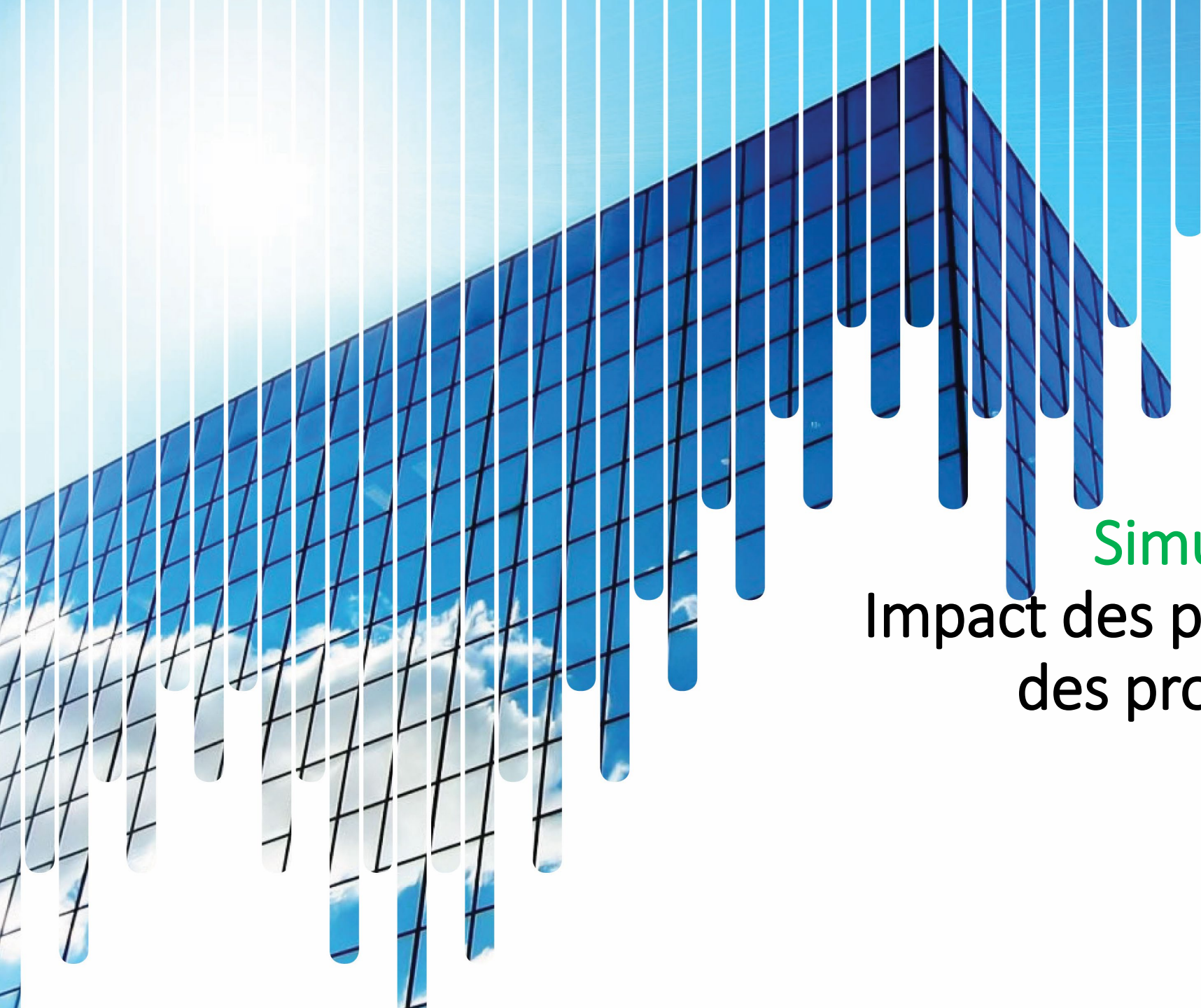




Simulations énergétiques

Impact des propriétés thermiques des produits de fenestration

Jean-Michel Dussault, ing., Ph.D.

Louis-Gabriel Maltais, ing., Ph.D.

 **veridis**
SOLUTIONS

CONFÉRENCIERS



Jean-Michel Dussault, ing., Ph. D.



Louis-Gabriel Maltais, ing., Ph. D.

Plan de la présentation

MISE EN CONTEXTE

Produits de fenestration
Performance énergétique et confort
Cadre réglementaire

ÉTUDE DE CAS

Coefficient U
Gains solaires - SHGC
Dimensions standards versus réelles
Analyse de résilience

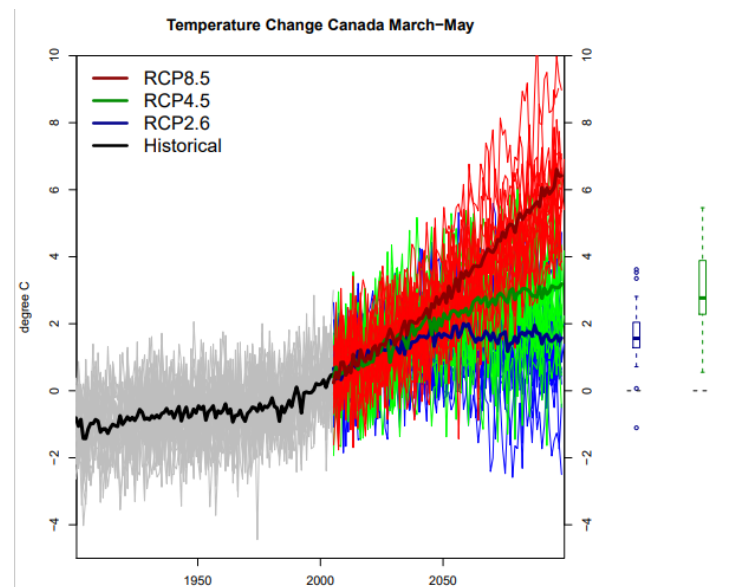
MISE EN CONTEXTE

PRODUITS DE FENESTRATION

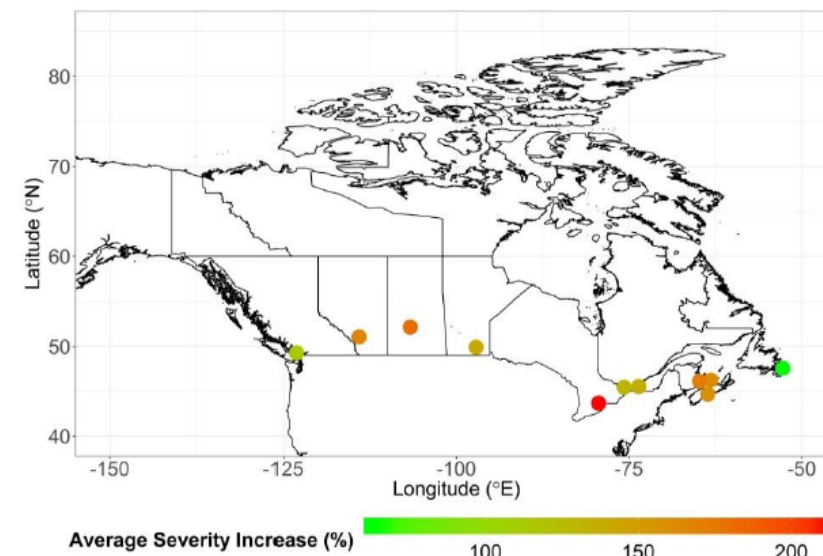
PRODUITS DE FENESTRATION



QUELS SONT LES DÉFIS ET LES PERFORMANCES DE CES PRODUITS FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ?



Référence: gouv. Du Canada



MISE EN CONTEXTE

PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ET CONFORT

PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ET CONFORT

Transfert de chaleur à travers les produits de fenestration

Notions techniques

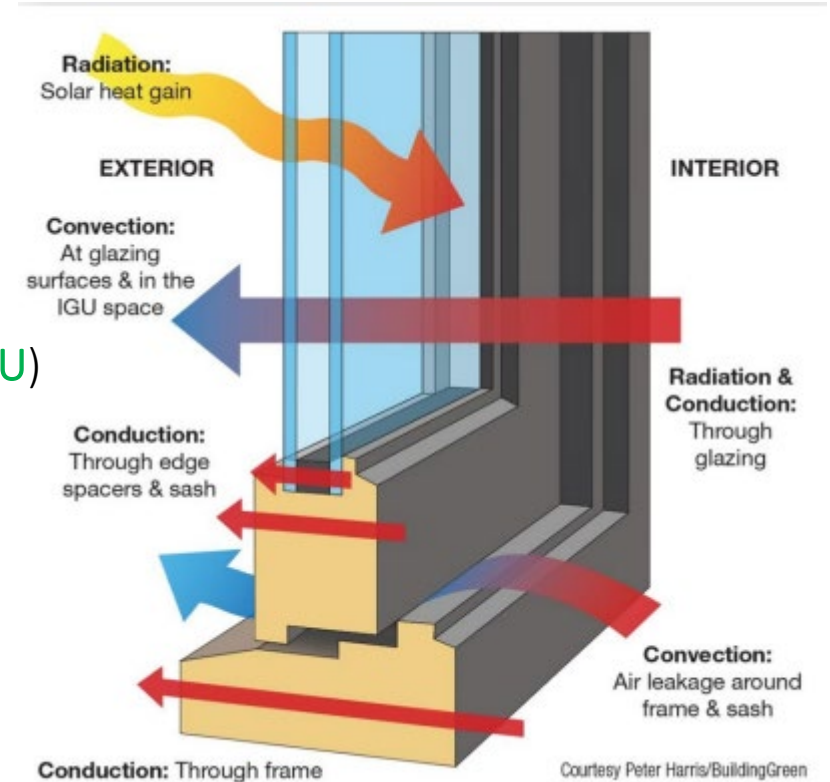
Le flux de chaleur à travers une fenêtre dépend du:

1. Transfert de chaleur dû aux différences de températures (**Coefficient U**)
2. Gain de chaleur solaire (**SHGC**)
3. Taux de fuite d'air (**IA**)

Bilan d'énergie

$$Q = \overset{\text{TRANSFERT DE CHALEUR}}{U \cdot A_f \cdot (T_{ext} - T_{int})} + \overset{\text{GAINS SOLAIRES}}{SHGC \cdot A_f \cdot E_t} + \overset{\text{FUITES D'AIR}}{0.001 \cdot IA \cdot A_f \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_{ext} - T_{int})}$$

Ces propriétés ont un effet sur la consommation d'énergie



PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ET CONFORT

Transfert de chaleur à travers les produits de fenestration

Rendement énergétique (RE, ou ER en anglais)

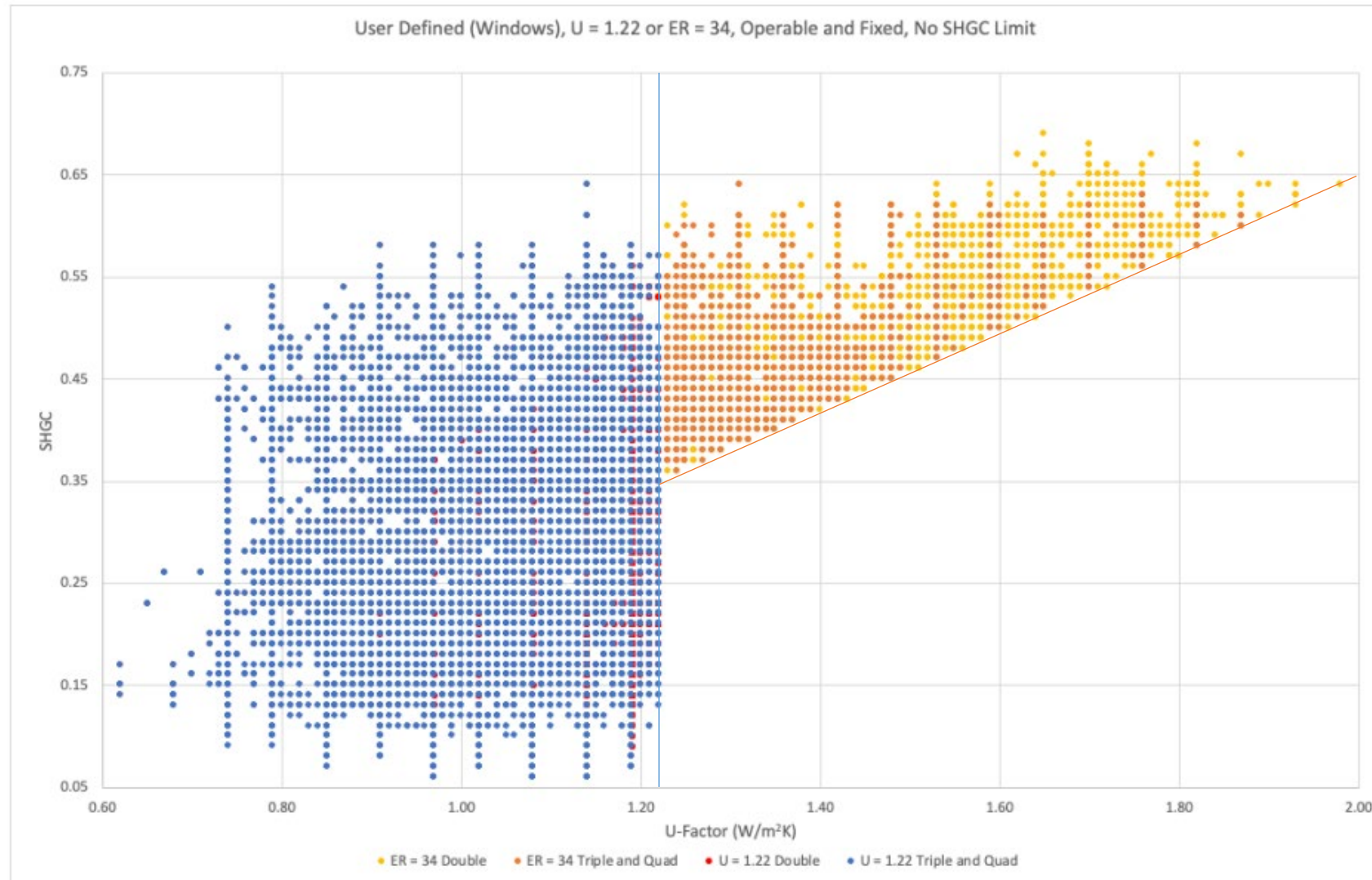
Indice de performance énergétique pour la comparaison de différents produits de fenestration basé sur leur effet sur la charge de chauffage.

Équation simplifiée :
$$ER = (57.76 \times SHGC_w) - (21.90 \times U_w) - (1.97 \times L_{75}) + 40$$

Évolution du RE en fonction des indices de performance applicables

- Diminuer le coefficient U
- Augmenter le SHGC
- Diminuer les taux de fuite d'air

PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ET CONFORT



PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ET CONFORT

Impact des propriétés des produits de fenestration sur le confort des occupants

Confort des occupants

Notion de surchauffe

« L'effet cumulatif sur le confort thermique (ou le stress thermique) et la santé des occupants des bâtiments directement exposés à des événements de chaleur intérieure continus quotidiens. »

Critère d'évaluation

Sévérité

Mesurée en ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$) et indique l'ampleur de l'événement de surchauffe. La gravité prend en compte le niveau de stress thermique (déviations de $t\text{-SET}$ de la valeur seuil) et le temps d'exposition à l'événement de surchauffe.

MISE EN CONTEXTE

CADRE RÉGLEMENTAIRE

CADRE RÉGLEMENTAIRE

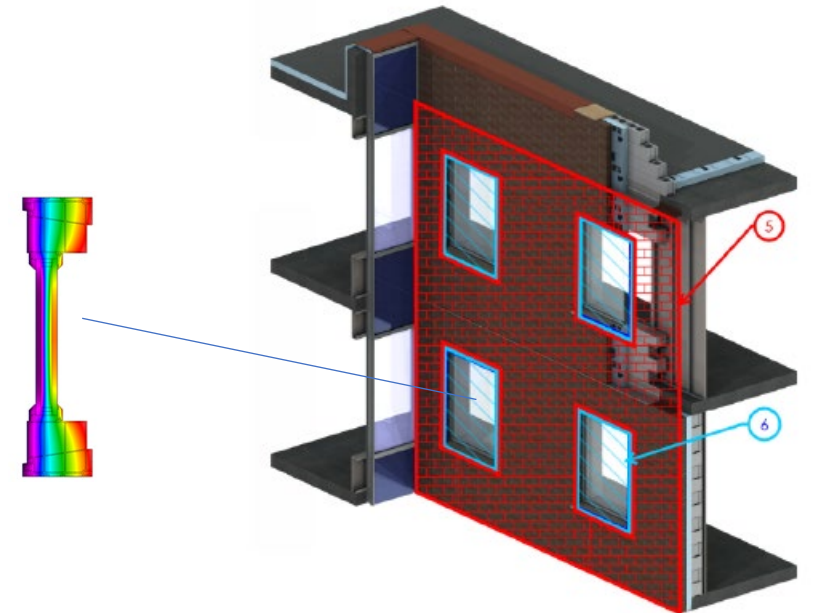
Normes d'évaluation



CSA-A440.2
Rendement énergétique des systèmes de fenêtrage



ANSI/NFRC 100 et 200
Valeur-U (ANSI/NFRC 100)
SHGC (ANSI/NFRC 200)



Source: BETBG

CADRE RÉGLEMENTAIRE

Exigences du Code de Construction du Québec (CNB 2020 modifié)



Tableau 9.36.2.7.-A
Caractéristiques thermiques exigées du fenêtrage et des portes
Faisant partie intégrante des paragraphes 9.36.2.7. 1) et 9.36.5.14. 3) et 7)

Composants	Caractéristiques thermiques ⁽¹⁾	Degrés-jours de chauffage pour l'emplacement du bâtiment ⁽²⁾ , en degrés-jours Celsius					
		Zone 4 < 3000	Zone 5 3000 à 3999	Zone 6 4000 à 4999	Zone 7A 5000 à 5999	Zone 7B 6000 à 6999	Zone 8 ≥ 7000
Fenêtrage ⁽³⁾ et portes avec vitrage	Coefficient U max., en W/(m² × K)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	Rendement énergétique min.	21	21	21	21	25	25
Portes sans vitrage	Coefficient U max., en W/(m² × K)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8

(1) Voir la note A-Tableau 9.36.2.7.-A.
(2) Voir l'article 1.1.3.1.
(3) Sauf les lanterneaux (voir le paragraphe 2)) et les briques de verre (voir le paragraphe 4)).

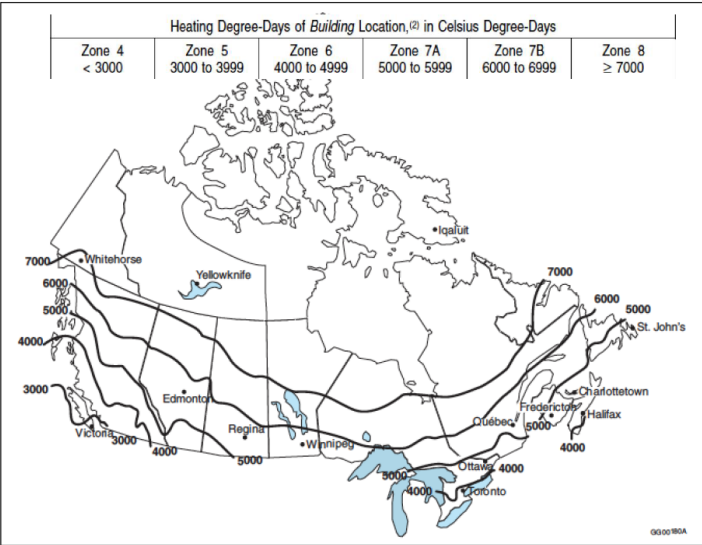


Figure A-1.1.4.1.(1)
Average annual heating degree-days (C-degrees)

9) Peu importe la méthode de conformité choisie et sous réserve du paragraphe 11), l'aire totale des portes, excluant les portes de garage, et l'aire totale du fenêtrage, excluant les lanterneaux, d'un bâtiment doit être d'au plus 30 % de l'aire brute des murs calculée conformément au paragraphe 9.36.2.3. 2).

CADRE RÉGLEMENTAIRE

Code de construction du Québec, Chapitre I.1 – Efficacité énergétique du bâtiment, et Code national de l'énergie pour les bâtiments – Canada 2020 (modifié)

**Code de construction du Québec,
Chapitre I.1 – Efficacité énergétique
du bâtiment, et Code national de
l'énergie pour les bâtiments –
Canada 2020 (modifié)**

Publié par le
Conseil national de r

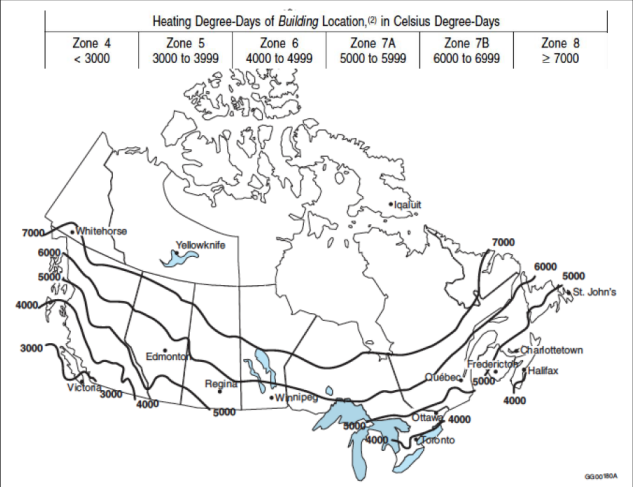


Tableau 3.2.2.3.
Coefficient de transmission thermique globale du fenêtrage
Faisant partie intégrante des paragraphes 3.2.2.3. 2) et 3)

Composant	Degrés-jours de chauffage sous 18 °C pour l'emplacement du bâtiment ⁽¹⁾ , en degrés-jours Celsius					
	Zone 4 : < 3000	Zone 5 : 3000 à 3999	Zone 6 : 4000 à 4999	Zone 7A : 5000 à 5999	Zone 7B : 6000 à 6999	Zone 8 : ≥ 7000
	Coefficient de transmission thermique globale maximal, en W/(m²xK)					
Fenêtrage sauf lanterneaux	2,00	2,00	2,00	2,00	1,60	1,60
Lanterneaux	2,85	2,85	2,85	2,85	2,70	2,70

⁽¹⁾ Voir le paragraphe 1.1.4.1. 1).

Tableau 3.2.2.4.
Coefficient de transmission thermique globale des portes
Faisant partie intégrante des paragraphes 3.2.2.4. 1) et 2)

Composant	Degrés-jours de chauffage sous 18 °C pour l'emplacement du bâtiment ⁽¹⁾ , en degrés-jours Celsius					
	Zone 4 : < 3000	Zone 5 : 3000 à 3999	Zone 6 : 4000 à 4999	Zone 7A : 5000 à 5999	Zone 7B : 6000 à 6999	Zone 8 : ≥ 7000
	Coefficient de transmission thermique globale maximal, en W/(m²xK)					
Portes avec vitrage	2,00	2,00	2,00	2,00	1,60	1,60
Portes sans vitrage	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	0,80

⁽¹⁾ Voir le paragraphe 1.1.4.1. 1).

CADRE RÉGLEMENTAIRE

Code de construction du Québec, Chapitre I.1 – Efficacité énergétique du bâtiment, et Code national de l'énergie pour les bâtiments – Canada 2020 (modifié)

**Code de construction du Québec,
Chapitre I.1 – Efficacité énergétique
du bâtiment, et Code national de
l'énergie pour les bâtiments –
Canada 2020 (modifié)**

3.2.1.4.

Aire admissible du fenêtrage et des portes

1) L'aire totale des portes et du *fenêtrage*, excluant l'aire des *lanterneaux*, doit être égale ou inférieure à 40 % de l'aire brute des murs déterminée conformément à l'article 3.1.1.6.

Publié par le
Conseil national de recherches du Canada

CADRE RÉGLEMENTAIRE

Code de construction du Québec, Chapitre I.1 – Efficacité énergétique du bâtiment, et Code national de l'énergie pour les bâtiments – Canada 2020 (modifié)

**Code de construction du Québec,
Chapitre I.1 – Efficacité énergétique
du bâtiment, et Code national de
l'énergie pour les bâtiments –
Canada 2020 (modifié)**

Publié par le
Conseil national de recherches du Canada



Extraits du Guide, Page 71 (Conformité par la méthode prescriptive)

Le Code ne renferme pas d'exigences prescriptives concernant le coefficient de gain solaire (CGS), mieux connu sous l'acronyme anglophone SHGC (pour *solar heat gain coefficient*). Le CGS est un coefficient entre 0 et 1. Plus il est élevé, plus important sera le gain de chaleur interne associé au rayonnement solaire au travers de la fenêtre. Le concepteur devrait choisir le CGS des produits de fenêtrage de son bâtiment en fonction de l'usage, des gains internes, de la superficie vitrée, de l'orientation et du niveau d'ombrage sur le bâtiment. Typiquement, pour un climat froid, le CGS d'un bâtiment ayant de forts besoins en chauffage devrait être plus élevé qu'un bâtiment à faible besoin en chauffage, de manière à profiter du rayonnement solaire pour chauffer le bâtiment en hiver. Il faut cependant faire attention de ne pas créer de surchauffe en trouvant le juste milieu selon la situation. Les outils de simulation sont alors tout indiqués pour évaluer différents scénarios et aider le concepteur à choisir la meilleure option à envisager selon le contexte applicable. La partie 3 ne contient pas non plus d'exigences prescriptives basées sur le coefficient de rendement énergétique (RE) des fenêtres puisque celui-ci a été développé en fonction des bâtiments d'habitation de faible hauteur. Il n'est donc pas applicable pour la grande majorité des bâtiments visés par le Code.

CADRE RÉGLEMENTAIRE

Exemples d'évolution des exigences

Limite établie pour le coefficient de gain solaire à la section 9.36. (partie 9)

Code national du bâtiment –
Canada 2025

Volume 1

Élaboré par le
Comité canadien de l'harmonisation des codes de construct
Publié par le
Conseil national de recherches du Canada

2) Le coefficient de gain solaire du fenêtrage et des portes ne doit pas être supérieur à la valeur indiquée au tableau 9.36.2.7.-B pour le rapport entre l'aire du fenêtrage et des portes et l'aire brute des murs (FDWR) et la catégorie de degrés-jours de chauffage qui s'appliquent.

Tableau 9.36.2.7.-B
Coefficient de gain solaire du fenêtrage et des portes
Faisant partie intégrante du paragraphe 9.36.2.7. 2)

Rapport entre l'aire du fenêtrage et des portes et l'aire brute des murs (FDWR)	Degrés-jours de chauffage pour l'emplacement du bâtiment ⁽¹⁾ , en degrés-jours Celsius					
	Coefficient de gain solaire maximal					
	Zone 4 < 3000	Zone 5 3000 à 3999	Zone 6 4000 à 4999	Zone 7A 5000 à 5999	Zone 7B 6000 à 6999	Zone 8 ≥ 7000
FDWR ≤ 17 %	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
17 % < FDWR ≤ 22 %	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55
22 % < FDWR ≤ 30 %	0,26	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
FDWR > 30 %	0,26					

(1) Voir l'article 1.1.3.1.

CADRE RÉGLEMENTAIRE

Méthode de performance

Impact des propriétés des produits de fenestration sur la performance énergétique

Paramètres influencés par les propriétés des produits de fenestration

Consommation d'énergie

- Charge de chauffage
- Charge de climatisation

Confort des occupants

- Température de l'air intérieur
- Température de surface intérieure

ÉTUDE DE CAS

Coefficient U

Gains solaires – SHGC

Impact des propriétés des produits de fenestration sur la performance énergétique

Bâtiment simulé

Bâtiment résidentiel de 200 logements, 30% fenestration

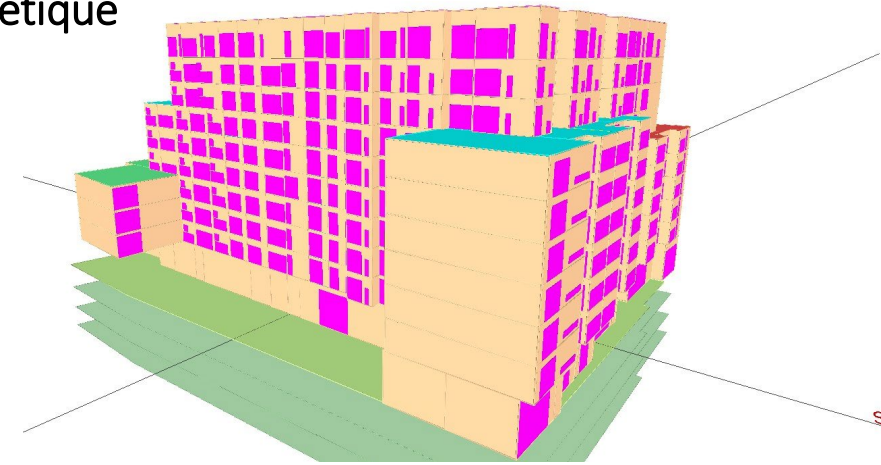
Unités ciblées pour évaluer le confort

Douze unités résidentielles réparties sur différents niveaux et orientations

1. Quatre unités au niveau 2
2. Quatre unités au niveau 5
3. Quatre unités au niveau 10

À chaque niveau, une unité est orientée Nord, Est, Sud et Ouest.

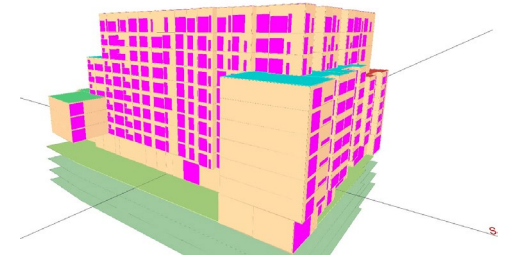
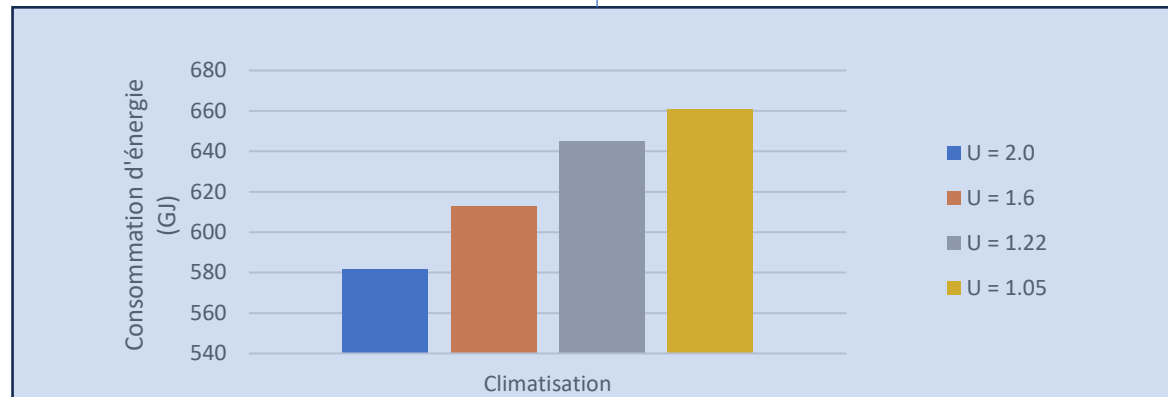
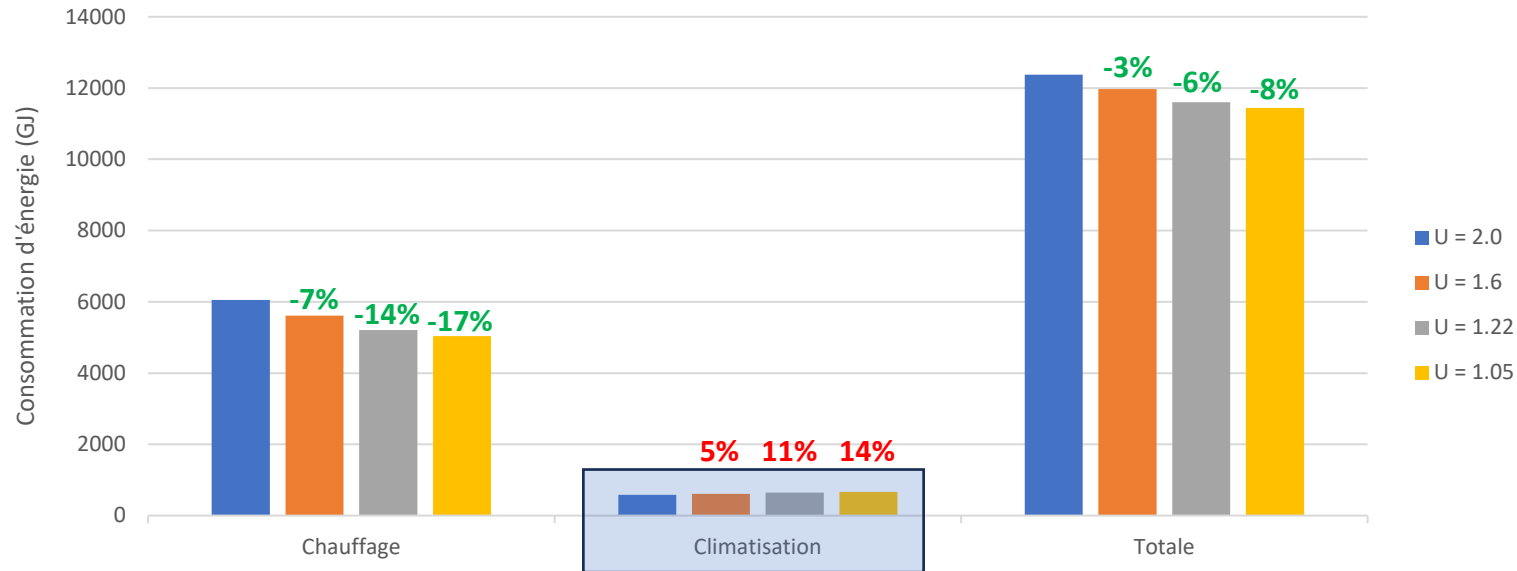
Chaque unité est équipée d'un système de chauffage d'appoint électrique et d'une thermopompe.



Paramètres bâtiment	
	%
WWR_{nord}	41
WWR_{sud}	48
WWR_{est}	52
WWR_{ouest}	46

Coefficient U

Effet du coefficient U sur la consommation d'énergie
(SHGC = 0.40)

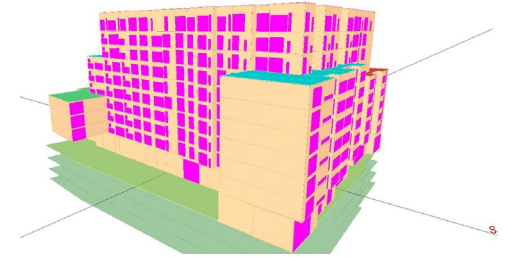
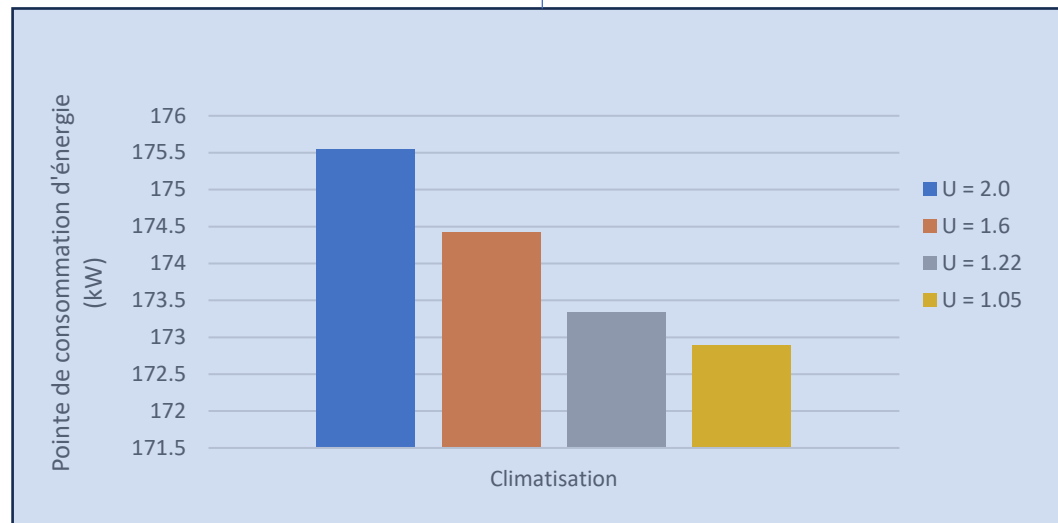
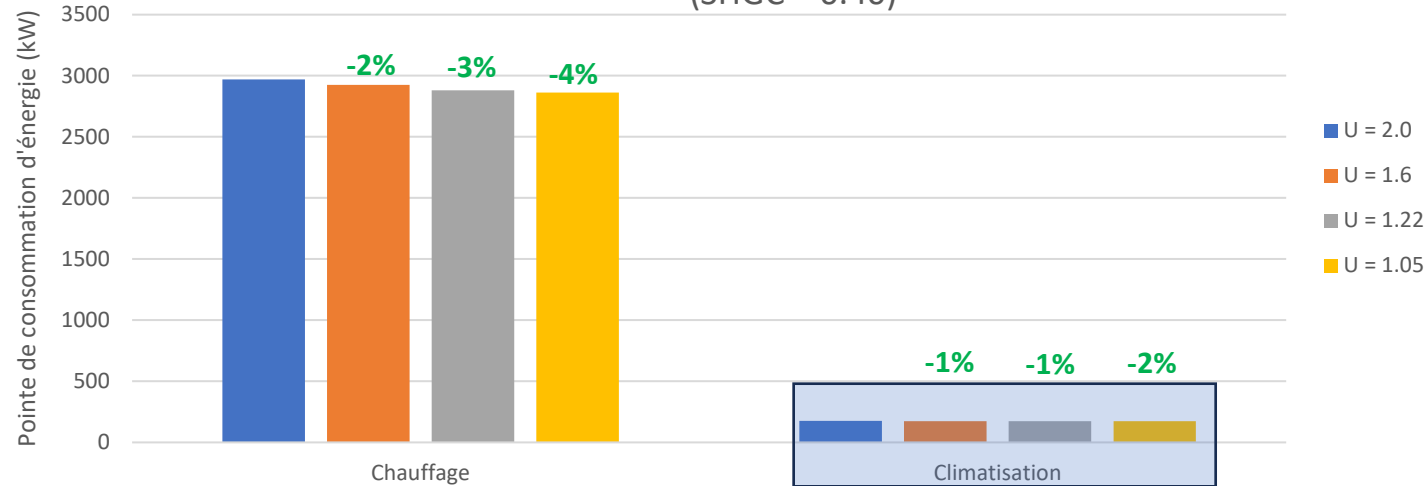


Effets du coefficient U:

- $\downarrow U \rightarrow \downarrow \text{Cons.Ener}_{\text{Chauffage}}$ (et global)
- $\downarrow U \rightarrow \uparrow \text{Cons.Ener}_{\text{Climatisation}}$

Coefficient U

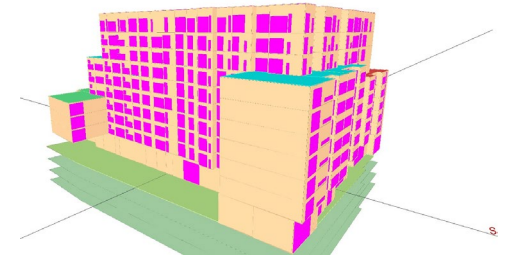
Effet du coefficient U sur la pointe de consommation d'énergie
(SHGC = 0.40)



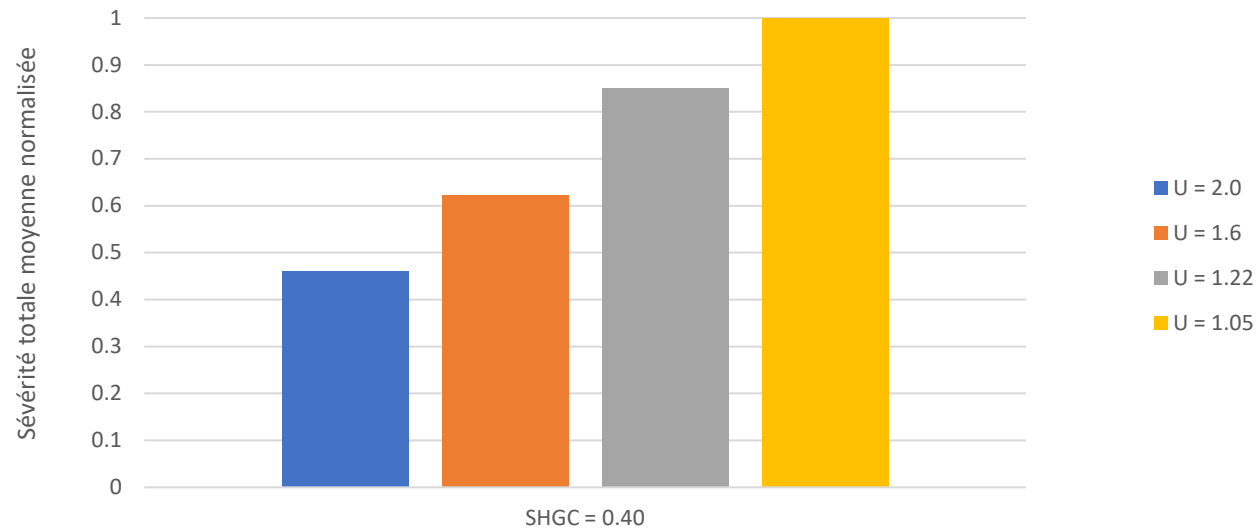
Effets du coefficient U:

- $\downarrow U \rightarrow \downarrow \text{Cons.Ener}_{\text{Chauffage}}$ (et global)
- $\downarrow U \rightarrow \uparrow \text{Cons.Ener}_{\text{Climatisation}}$
- $\downarrow U \rightarrow \downarrow \text{Demande}_{\text{Chauffage}}$
- $\downarrow U \rightarrow \downarrow \text{Demande}_{\text{Climatisation}}$

Coefficient U



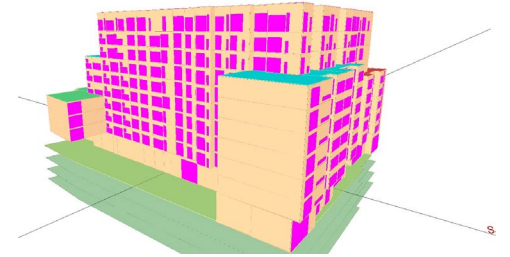
Effet du coefficient U sur le potentiel de surchauffe
(Bâtiment sans climatisation)



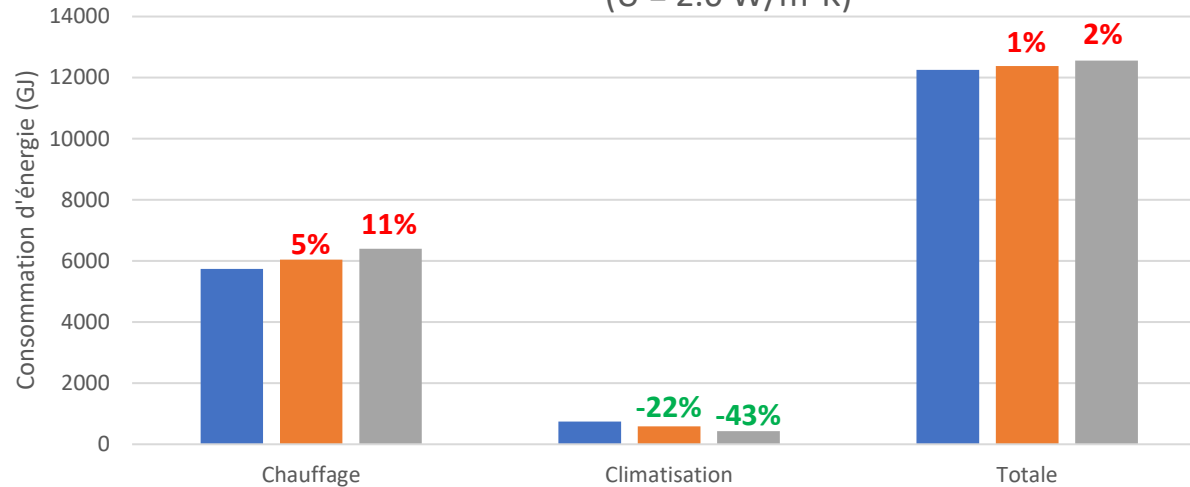
Effets du coefficient U:

- $\downarrow U \rightarrow \downarrow \text{Cons.Ener}_{\text{Chauffage}} \text{ (et global)}$
- $\downarrow U \rightarrow \uparrow \text{Cons.Ener}_{\text{Climatisation}}$
- $\downarrow U \rightarrow \downarrow \text{Demande}_{\text{Chauffage}}$
- $\downarrow U \rightarrow \downarrow \text{Demande}_{\text{Climatisation}}$
- $\downarrow U \rightarrow \uparrow \text{Sévérité}$

Gains Solaires - SHGC



Effet des gains solaires sur la consommation d'énergie
($U = 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$)

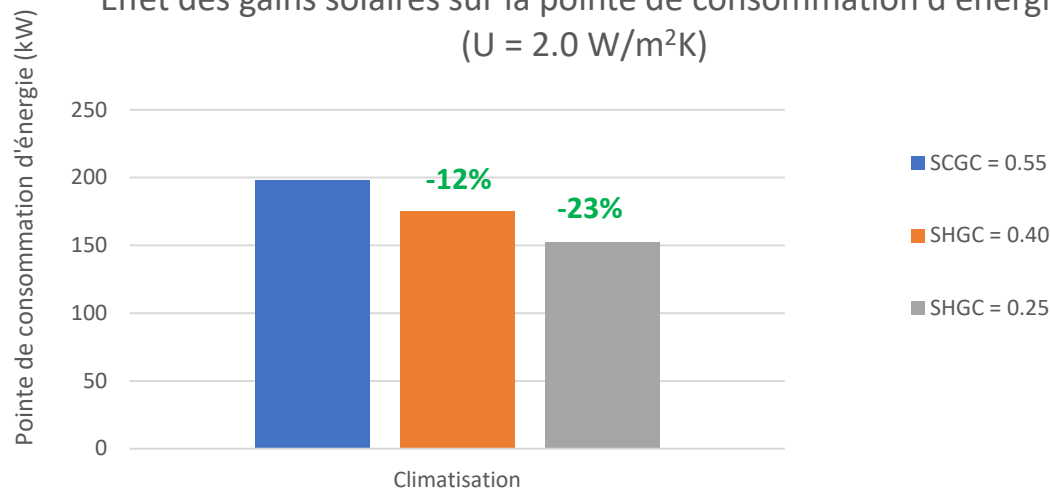


■ SHGC = 0.55
■ SHGC = 0.40
■ SHGC = 0.25

Effets du SHGC:

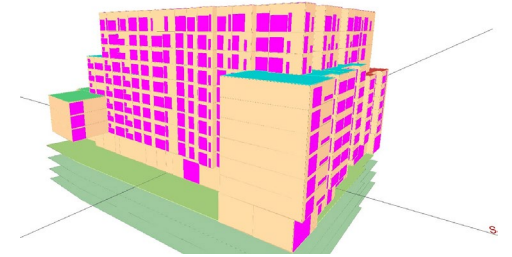
- $\downarrow \text{SHGC} \rightarrow \uparrow \text{Cons.Ener}_{\text{Chauffage}}$ (et global)
- $\downarrow \text{SHGC} \rightarrow \downarrow \text{Cons.Ener}_{\text{Climatisation}}$
- $\downarrow \text{SHGC} \rightarrow \downarrow \text{Demande}_{\text{Climatisation}}$

Effet des gains solaires sur la pointe de consommation d'énergie
($U = 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$)

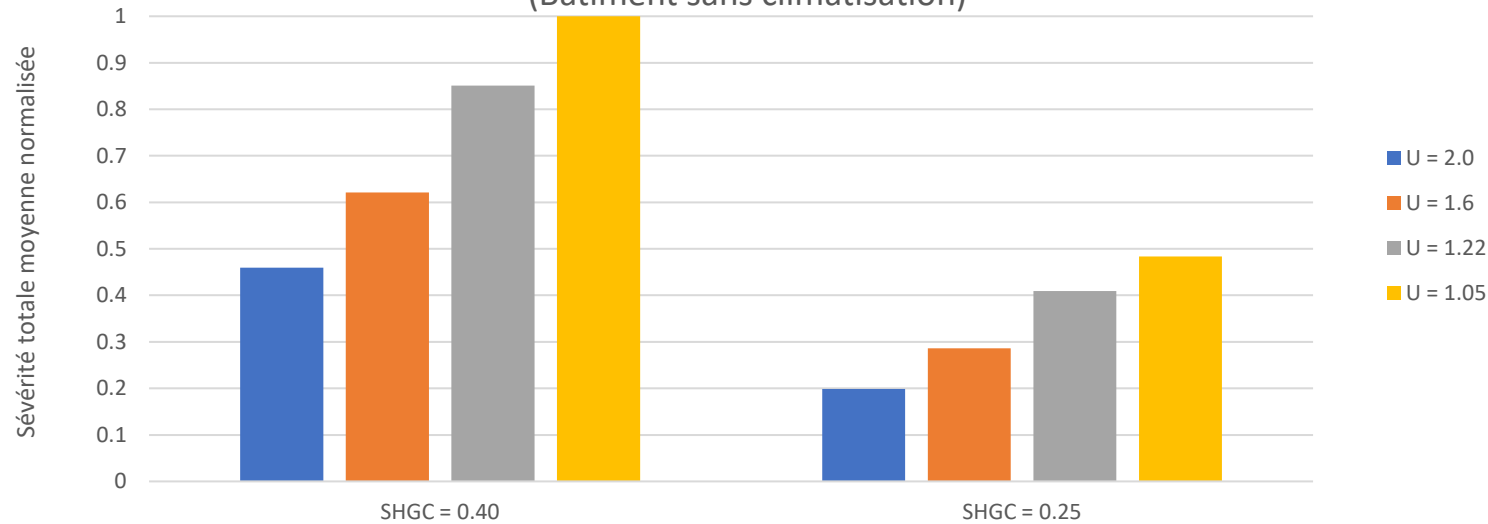


■ SHGC = 0.55
■ SHGC = 0.40
■ SHGC = 0.25

Gains Solaires - SHGC



Effet du coefficient U et des gains solaires sur le potentiel de surchauffe
(Bâtiment sans climatisation)



Effets du SHGC:

- $\downarrow$ SHGC $\rightarrow$ $\uparrow$ **Cons.Ener_{Chauffage} (et global)**
- $\downarrow$ SHGC $\rightarrow$ $\downarrow$ **Cons.Ener_{Climatisation}**
- $\downarrow$ SHGC $\rightarrow$ $\downarrow$ **Demande_{Climatisation}**
- $\downarrow$ SHGC $\rightarrow$ $\downarrow$ **Sévérité (Surchauffe)**

ÉTUDE DE CAS

Dimensions standards versus réelles

Dimensions standards versus réelles

CALCUL DU COEFFICIENT U

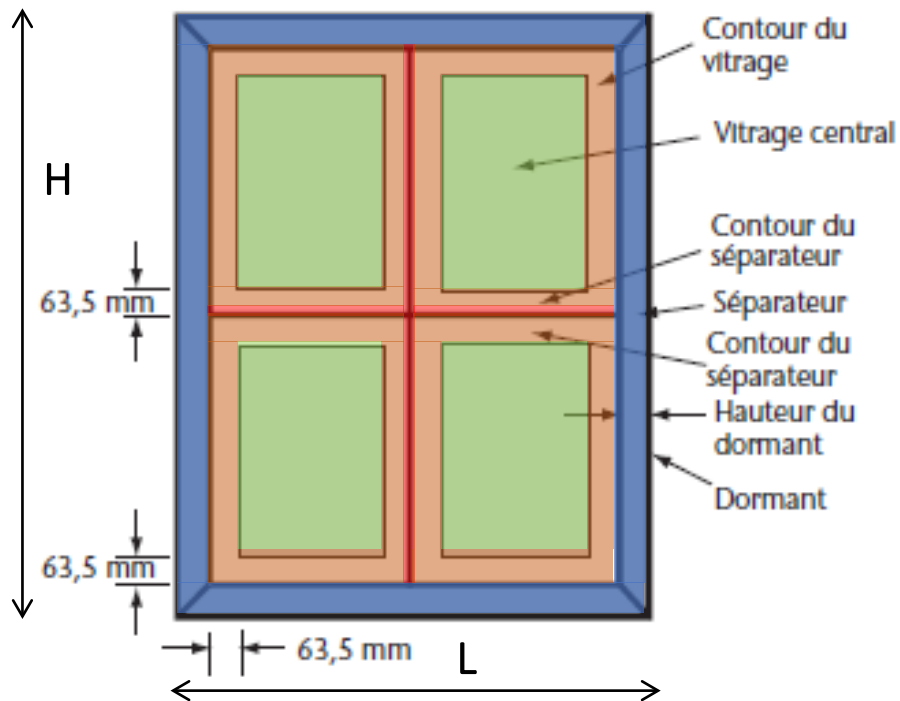


Image: CSA A440.2-22

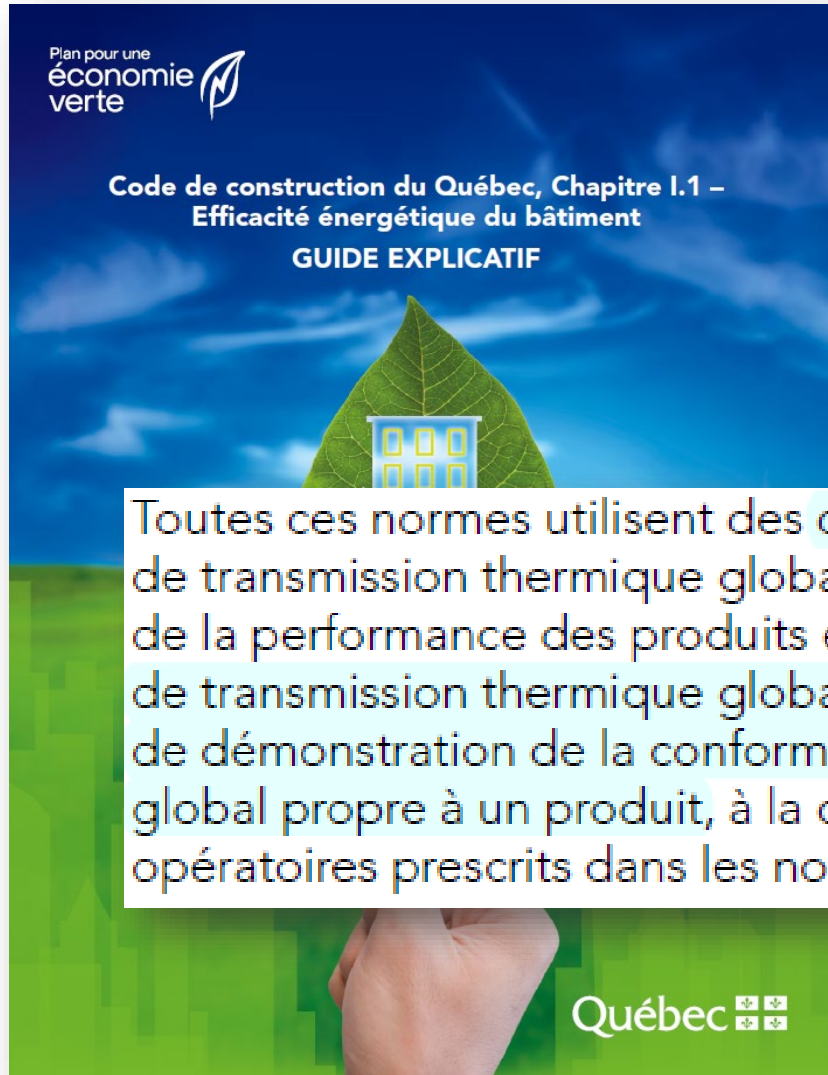
$$U = \frac{U_d \cdot A_d + U_s \cdot A_s + U_c \cdot A_c + U_v \cdot A_v}{A_{tot}}$$

Légende:

- A_d : Surface totale du dormant
- A_s : Surface totale du séparateur
- A_c : Surface totale du contour du vitrage
- A_v : Surface totale du vitrage

A_{tot} : Surface projetée de la fenêtre (L·H)

Dimensions standards versus réelles



Extrait du Guide, Page 71 (Conformité par la méthode prescriptive)

Toutes ces normes utilisent des dimensions d'échantillon normalisées pour déterminer le coefficient de transmission thermique global du fenêtrage et des portes de manière à permettre la comparaison de la performance des produits entre eux. Ces normes permettent également d'évaluer le coefficient de transmission thermique global pour des dimensions propres à un produit de fenestration. Aux fins de démonstration de la conformité, il est permis d'utiliser le coefficient de transmission thermique global propre à un produit, à la condition que celui-ci ait été obtenu conformément aux modes opératoires prescrits dans les normes ou aux méthodes de calcul autorisées par la réglementation.

Dimensions standards versus réelles

Table 4-3 – Product Types and Model Sizes

Product Type	Model Size Width x Height, mm (in)	Operable (X) Non-operable (O)
Windows		
Casement – Single	600 x 1500 (24 x 59)	X
Casement – Double	1200 x 1500 (47 x 59)	XX, XO
Dual-Action	1200 x 1500 (47 x 59)	X
Fixed	1200 x 1500 (47 x 59)	O
Greenhouse/Garden	1500 x 1200 (59 x 47)	X, O
Horizontal Slider	1500 x 1200 (59 x 47)	XX, XO
Pivoted	1200 x 1500 (47 x 59)	X
Projecting (Awning – Single)	1500 x 600 (59 x 24)	X
Vertical Slider	1200 x 1500 (47 x 59)	XX, XO
Doors and Door Related		
Side-Hinged Exterior Door	960 x 2090 (38 x 82)	X, O
Side-Hinged Exterior Door (Double)	1920 x 2090 (76 x 82)	XX, XO
Sliding Glass Door	2000 x 2000 (79 x 79)	XX, XO
Sidelite	960 x 2090 (38 x 82)	X, O
Transom	2000 x 600 (79 x 24)	O
Garage (Vehicular Access)/Rolling Door	2134 x 2134 (84 x 84)	X
Skylights		
Skylight/Roof Window	1200 x 1200 (47 x 47)	X, O
Tubular Daylighting Device	350 (14) Diameter	O
Glazed Wall Systems		
Curtain Wall	2000 x 2000 (79 x 79)	OO
Window Wall	2000 x 2000 (79 x 79)	OO
Sloped Glazing	2000 x 2000 (79 x 79)	OO
Spandrel Panel System	2000 x 2000 (79 x 79)	OO

Dimensions standards versus réelles

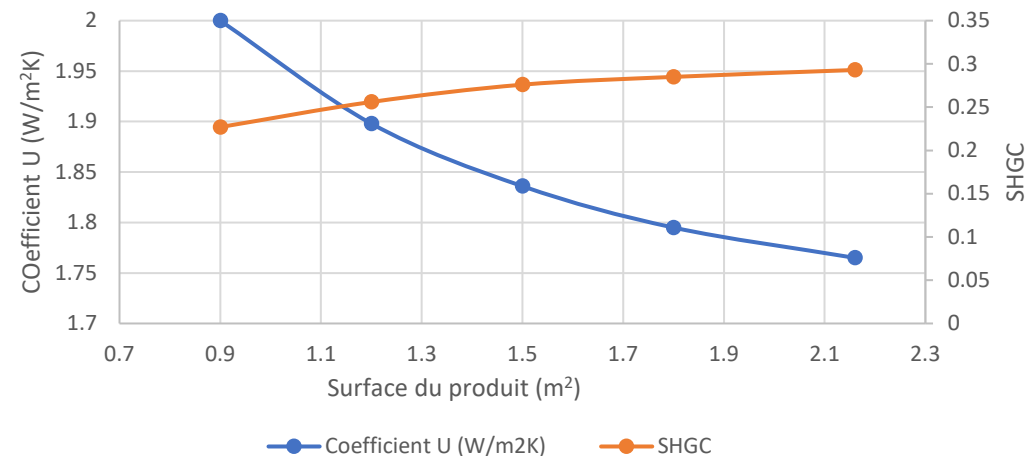
Ex.: Dimensions réelles (projet) plus grandes

Fenêtre opérante en aluminium avec bris thermique

ID	Name	Type	Width	Height	Ufactor	SHGC	Tvis
			mm	mm	W/m2-K		
1	6mm_1_LowE#2-arg95-CI_600 x 1500	Casement - Single	600	1500	2.001	0.227	0.378
2	6mm_1_LowE#2-arg95-CI_800 x 1500	Custom Single Vision	800	1500	1.898	0.256	0.431
3	6mm_1_LowE#2-arg95-CI_1000 x 1500	Custom Single Vision	1000	1500	1.836	0.273	0.464
4	6mm_1_LowE#2-arg95-CI_1200 x 1500	Custom Single Vision	1200	1500	1.795	0.285	0.485
5	6mm_1_LowE#2-arg95-CI_1200 x 1800	Custom Single Vision	1200	1800	1.765	0.293	0.499

Largeur x hauteur (mm)	Surface (m ²)
600 x 1500	0.90
800 x 1500	1.20
1000 x 1500	1.50
1200 x 1500	1.80
1200 x 1800	2.16

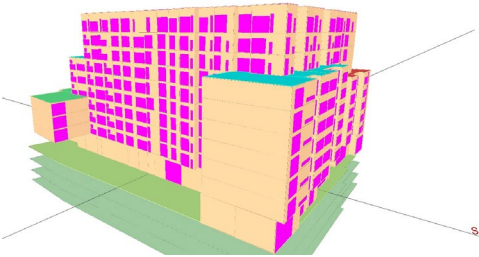
Coefficient U et SHGC en fonction de la dimension du produit



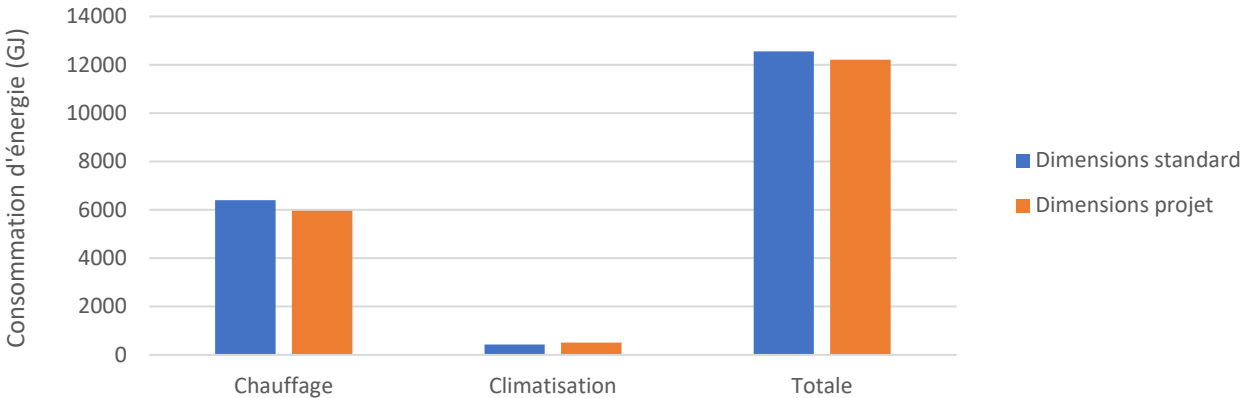
Dimensions standards versus réelles

Ex.: Fenêtre d'aluminium avec bris thermique

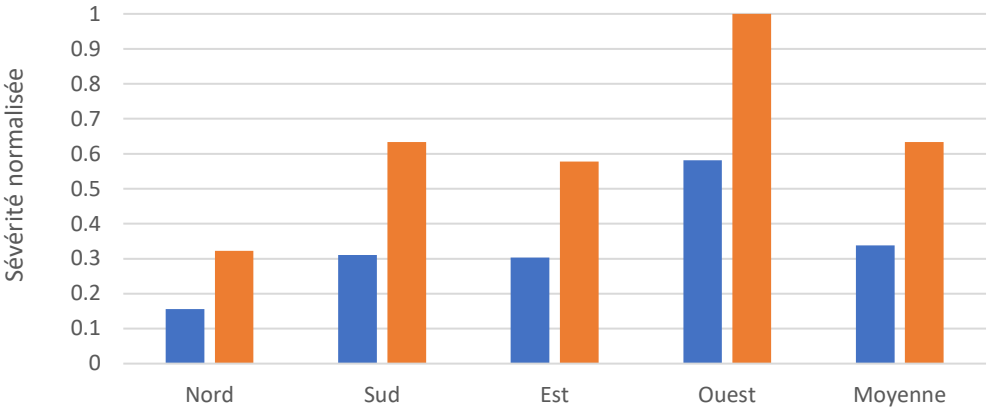
Dimensions	Coefficient U (W/m²K)	SHGC (-)
Standard	2.00	0.23
Projet	1.77	0.29



Effet des dimensions des fenêtres sur la consommation d'énergie



Effet des dimensions des fenêtres sur le potentiel de surchauffe (Bâtiment sans climatisation)



Dimensions standards versus réelles

L'inverse peut aussi arriver



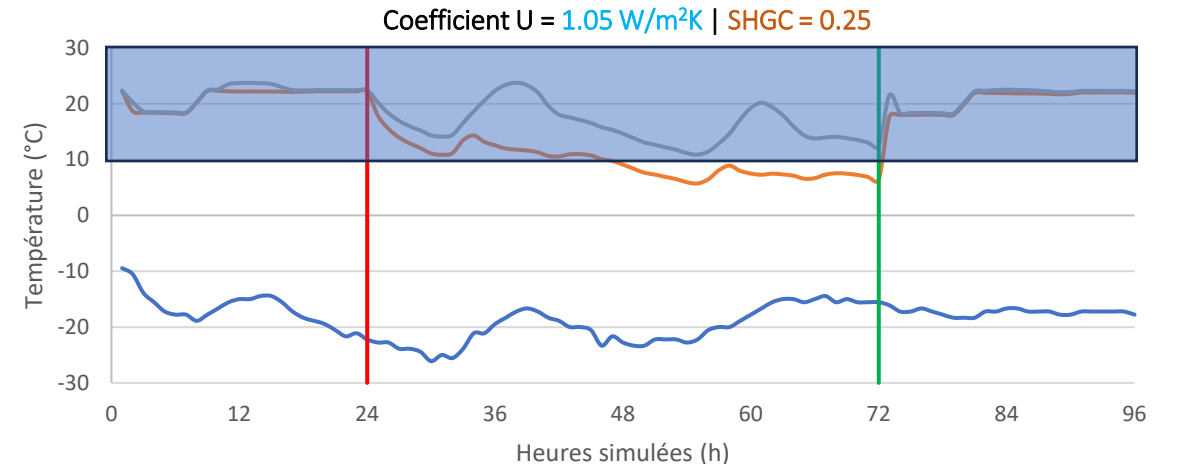
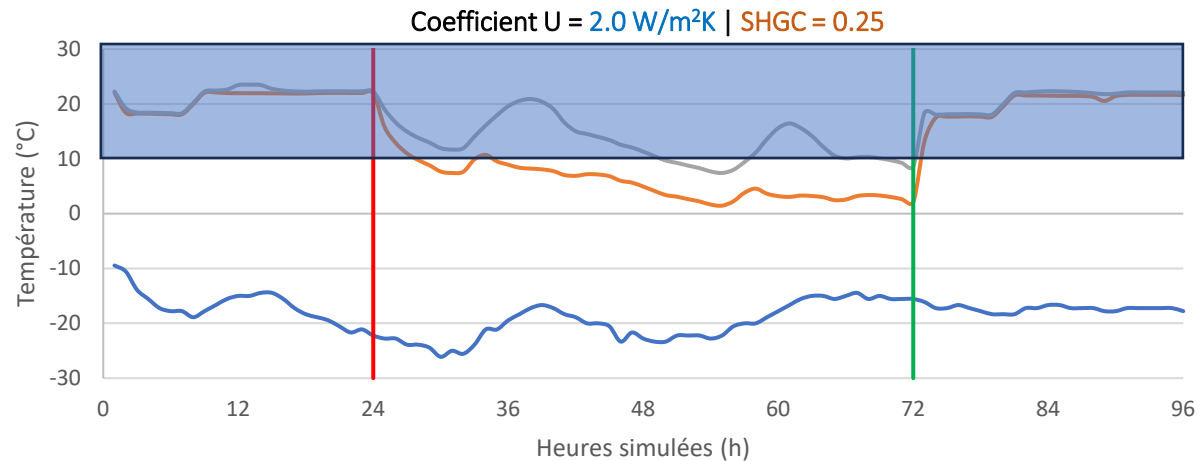
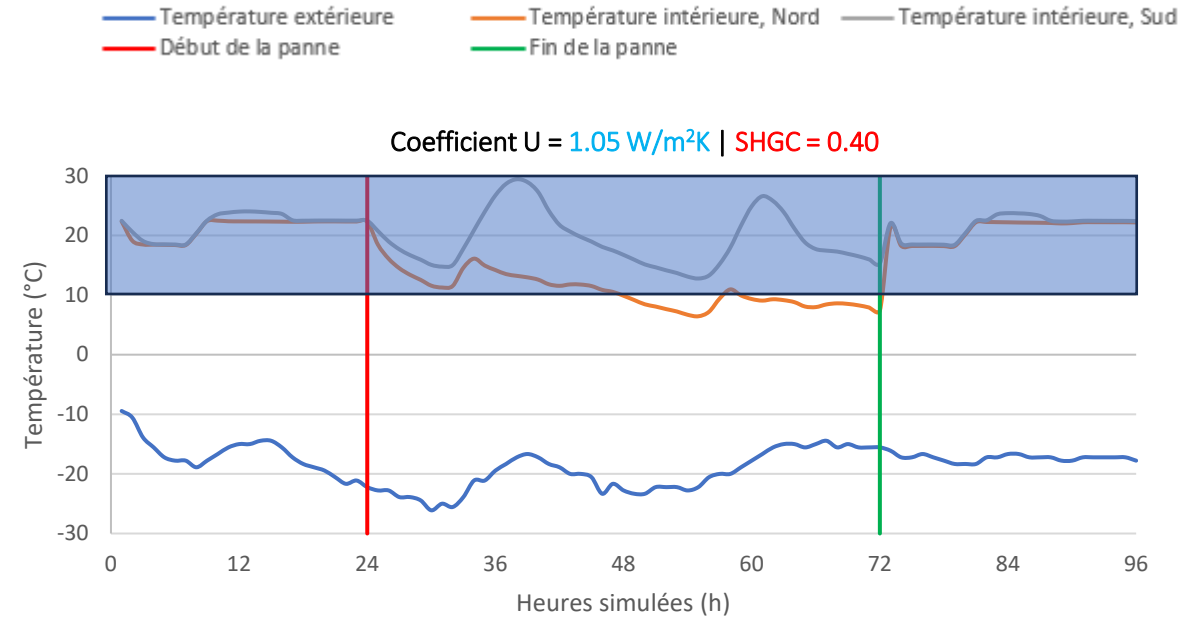
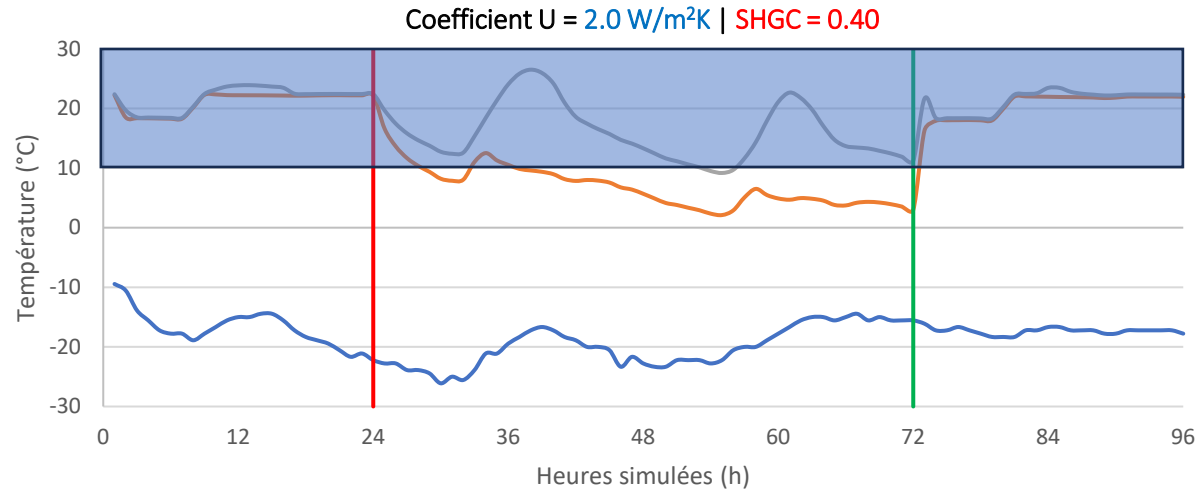
Référence: Holz LLC



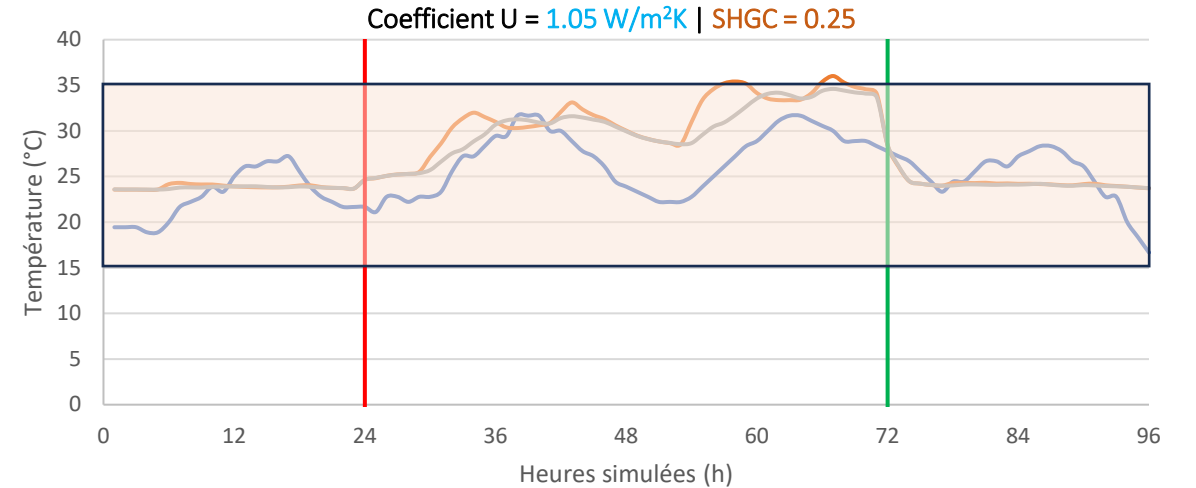
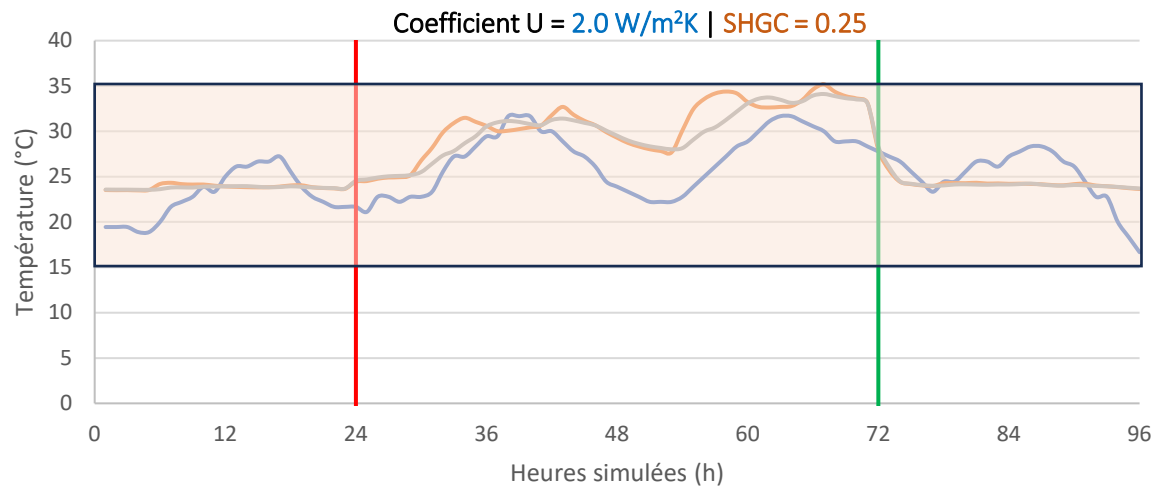
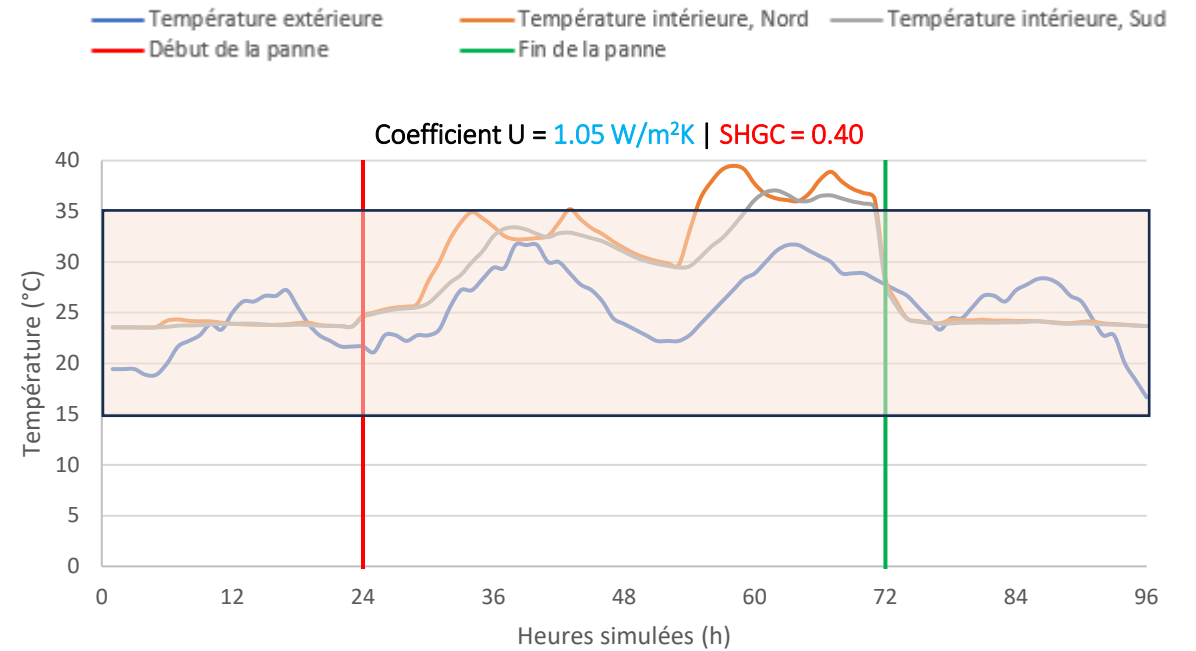
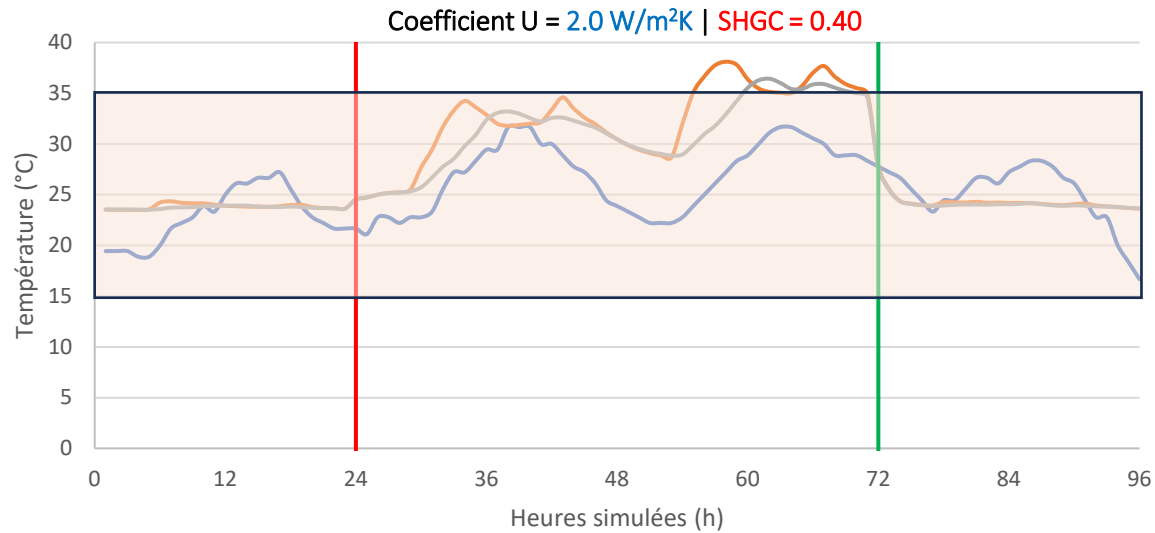
ÉTUDE DE CAS

Analyse de résilience

Analyse de résilience



Analyse de résilience



CONCLUSIONS

Les propriétés thermiques des produits de fenestration ont un impact sur:

1. La consommation d'énergie
 2. Le confort thermique des occupants
- Les propriétés thermiques des produits de fenestration peuvent permettre d'améliorer le bilan d'énergie du bâtiment, mais influencera également les risques de surchauffe. D'où l'importance d'inclure l'analyse de ces risques.
 - Travailler avec les dimensions réelles propres au projet permet d'obtenir des résultats plus précis. Cela peut également aider à la conformité.
 - Les propriétés thermiques des produits de fenestration peuvent également aider à augmenter la résilience des bâtiments en cas de panne électrique.

Notes:

Les données présentées sont basées sur des modèles spécifiques avec hypothèses. Ces hypothèses peuvent influencer les résultats (valeurs absolues et pourraient ne pas être valables pour tous les types de projet)

Il est davantage intéressant, dans ce contexte, de s'attarder aux conclusions des comportements relatifs.

Questions

Jean-Michel Dussault, ing., Ph.D.

Louis-Gabriel Maltais, ing., Ph.D.

contact@veridissolutions.com | 418-263-4777



700-2828 Boul. Laurier, Tour T1

Québec (Qc) | G1V 0B9 | Canada

Évènements à venir pour le RÉB

Webinaire

- | | |
|----------------|---|
| 6 mai 2026 : | Infiltration dans les bâtiments : Évaluations, modélisations et performance énergétique globale |
| 13 mai : | Guide RBQ réseau chaleur |
| 3 juin : | Deep energy retrofit, où en sommes-nous, obstacles et solutions |
| 10 juin 2026 : | Les contrôles prédictifs, études de cas |

Visite Technique

- | | |
|-----------------|---|
| 28 avril 2026 : | Préfabrication : visite d'une usine TBC |
|-----------------|---|

5 en 5

- | |
|-------------|
| 19 mai 2026 |
|-------------|