

Construction & Développement Durable



Bilan thermique de diverses baies vitrées, selon façade et région climatique

Calculs réalisés par Geoffrey Espagnol

Diaporama de Samuel Courgey

Avant propos

Dans le cadre d'une formation il est assez aisé de laisser des outils, méthodes, ou données de référence, car les apprenants sont accompagnés lors de la découverte des données transmises. Nous avons hésité à mettre ce diaporama en ligne, mais de nombreux professionnels que nous avons eu en formation ont insisté, en précisant qu'ils estimaient pertinents que ces données soient largement partagées.

Mais nous les accompagnons de plusieurs analyses qui permettent de mettre le résultat de nos calculs à leur place, dans l'approche qui doit accompagner leur utilisation.

Dans les prochaines diapositives vous allez découvrir pour chaque région climatique de la réglementation thermique française le bilan d'un m² de baie vitrée sur la saison de chauffe c'est à dire : le bilan, d'octobre à avril, entre la chaleur qui part, et celle qui arrive du fait du rayonnement solaire. Et ce, selon le type de vitrage, la performance de la baie, l'éventuelle présence d'un volet, et l'orientation de la façade.

En légende :

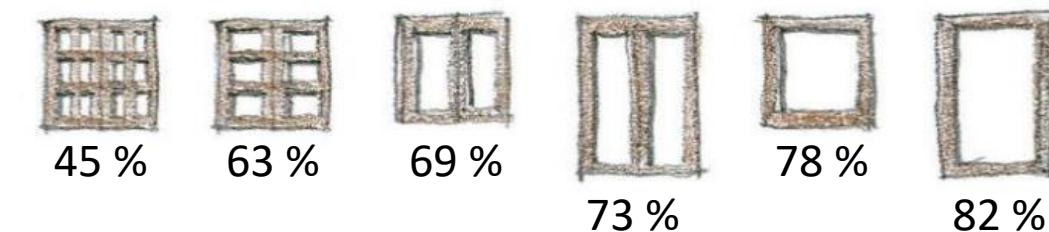
VIR : vitrage à isolation renforcé

Uw : conductance de la baie vitrée, en W/m²K

Sg : facteur solaire, en %

En équivalence : 1 kWh correspond à l'énergie que fourni un radiateur de 1000W en 1 heure.

Repère quant au coefficient de clair :





Depuis la mise en ligne de cet ensemble de simulations, plusieurs retours nous font estimer que certaines hypothèses retenues dans notre étude favoriseraient trop la partie captage des baies. En d'autres termes, que les solutions les plus à gauche (simples et doubles vitrages de base), seraient avantagées vis-à-vis de celles de droite (double vitrage à isolation renforcée et triple vitrage). Nous reprendrons l'ensemble de ce travail à l'automne 2020 afin de le rendre plus robuste.

ARCANNE

que fournit un radiateur de 1000W en 1 heure.

Avant propos



une formation il est assez aisément de laisser des outils, méthodes, ou données de référence, ils sont accompagnés lors de la découverte des données transmises. Nous avons hésité à drama en ligne, mais de nombreux professionnels que nous avons eu en formation ont vant qu'ils estimaient pertinents que ces données soient largement partagées.

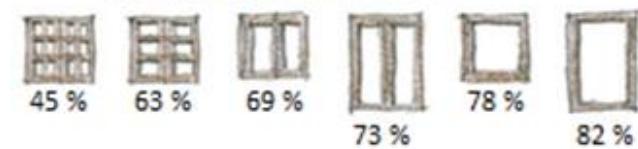
accompagnons de plusieurs analyses qui permettent de mettre le résultat de nos calculs à l'approche qui doit accompagner leur utilisation.

aines diapositives vous allez découvrir pour chaque région climatique de la réglementation puis le bilan d'un m² de baie vitrée sur la saison de chauffe c'est à dire : le bilan, d'octobre chaleur qui part, et celle qui arrive du fait du rayonnement solaire. Et ce, selon le type de baie, l'éventuelle présence d'un volet, et l'orientation de la façade.

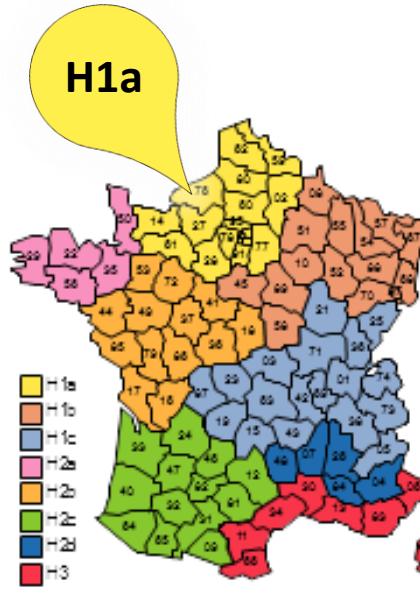
ion renforcé
de la baie vitrée, en W/m²K
en %

Wh correspond à l'énergie

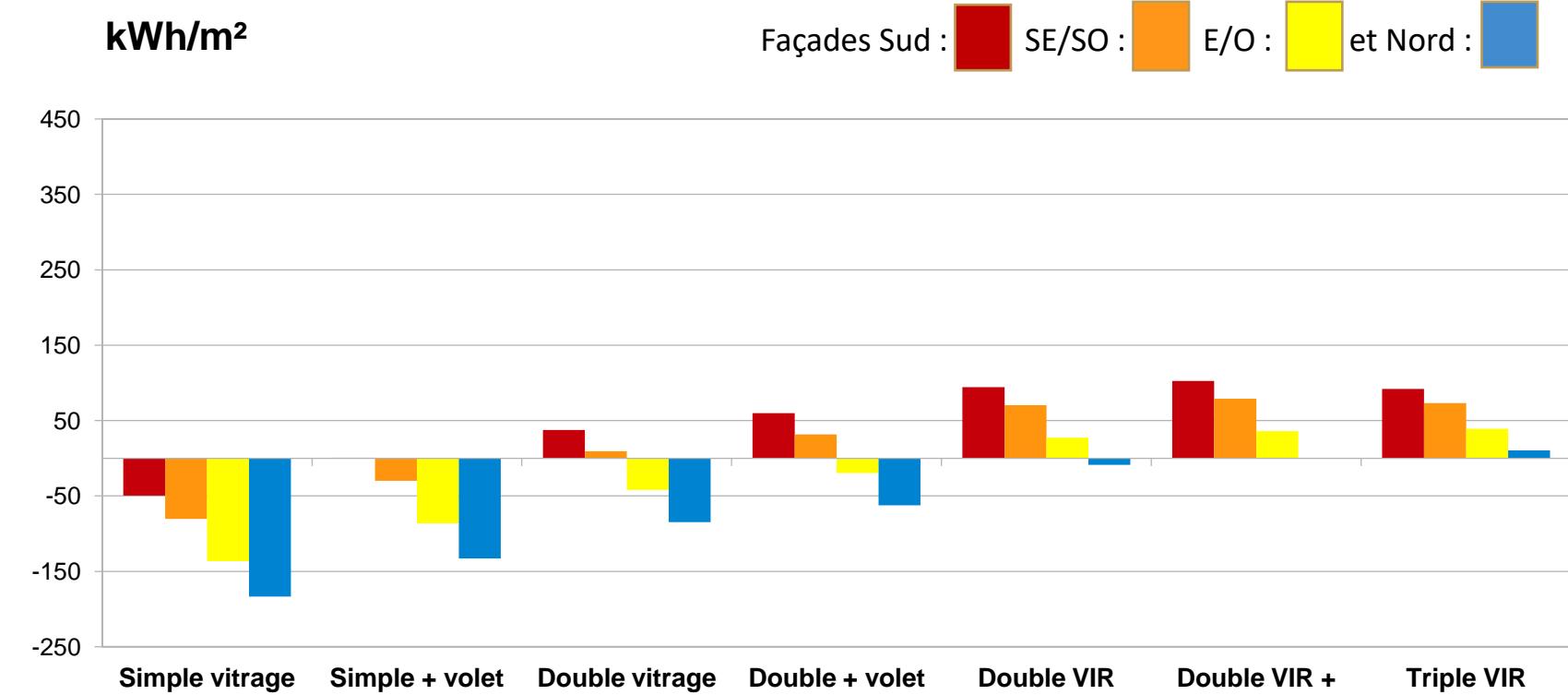
Repère quant au coefficient de clair :



Bilan thermique d'un vitrage – Zone H1a

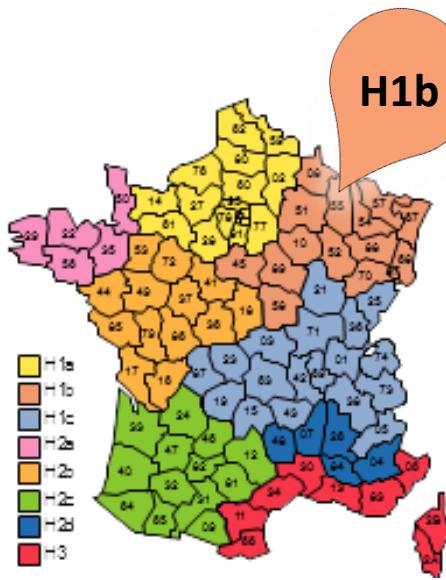


Baie Vitrée	Uw (W/m²K)	Sg (%)
Simple vitrage	4,9	0,82
Simple + volet	4	0,82
Double vitrage	3	0,75
Double + volet	2,6	0,75
Double VIR	1,4	0,63
Double VIR + volet	1,25	0,63
Triple VIR	0,8	0,55
Coefficient de clair :	75%	
Delta R volet :	0,15 m²K/W	

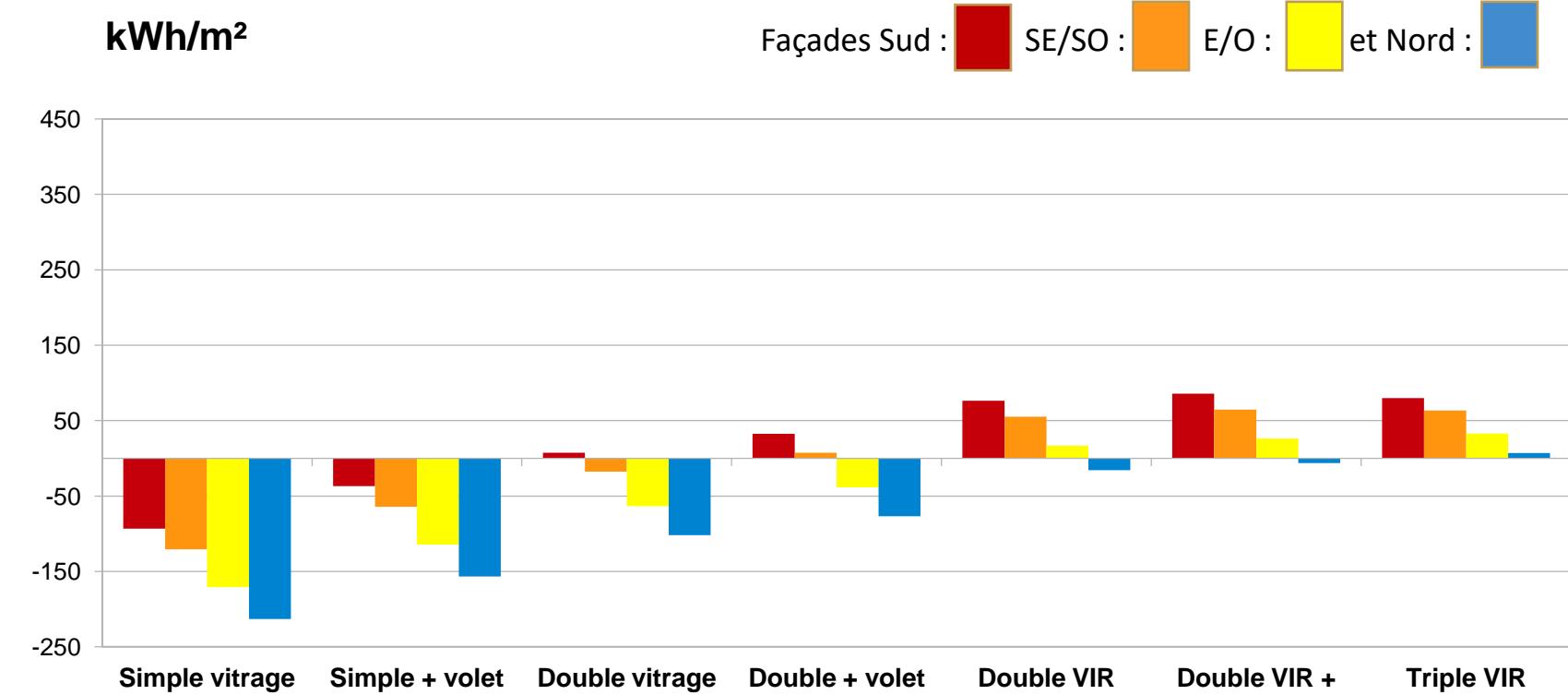


Bilan thermique pour 1m² de baie vitrée, selon type de vitrage, présence de volet et orientation.
Calcul réalisé sur la période de chauffe (7 mois, d'octobre à avril), base météo de Trappes (78)

Bilan thermique d'un vitrage – Zone H1b



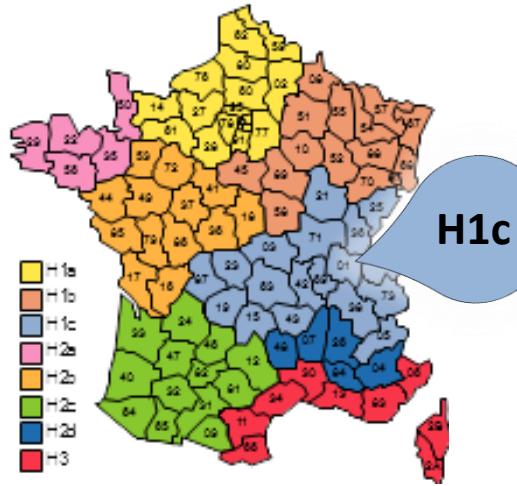
Baie Vitrée	Uw (W/m²K)	Sg (%)
Simple vitrage	4,9	0,82
Simple + volet	4	0,82
Double vitrage	3	0,75
Double + volet	2,6	0,75
Double VIR	1,4	0,63
Double VIR + volet	1,25	0,63
Triple VIR	0,8	0,55
Coefficient de clair :	75%	
Delta R volet :	0,15 m²K/W	



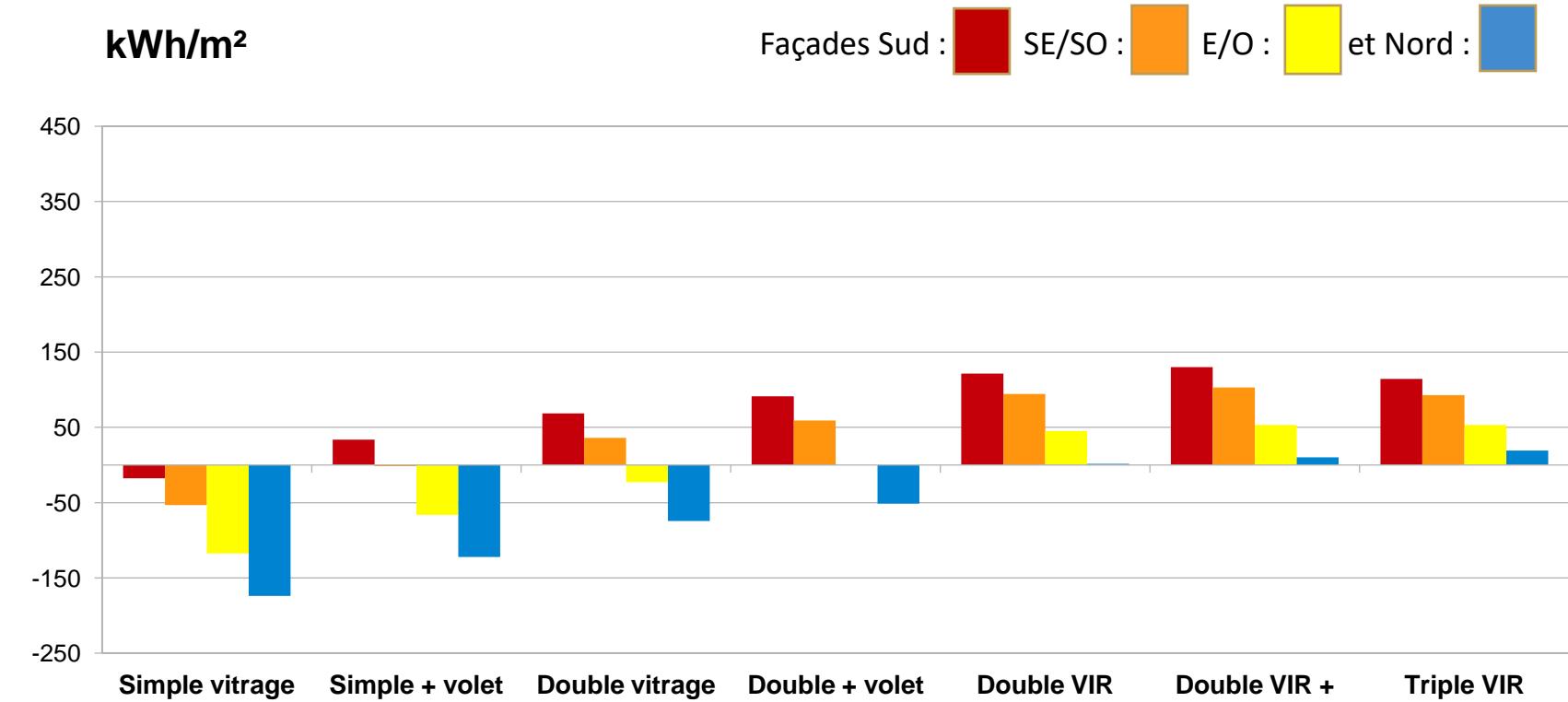
Bilan thermique pour 1m² de baie vitrée, selon type de vitrage, présence de volet et orientation.
Calcul réalisé sur la période de chauffe (7 mois, d'octobre à avril), base météo de Nancy (54).

Bilan thermique d'un vitrage – Zone H1c

Arcanne Bilan thermique de diverses baies vitrées

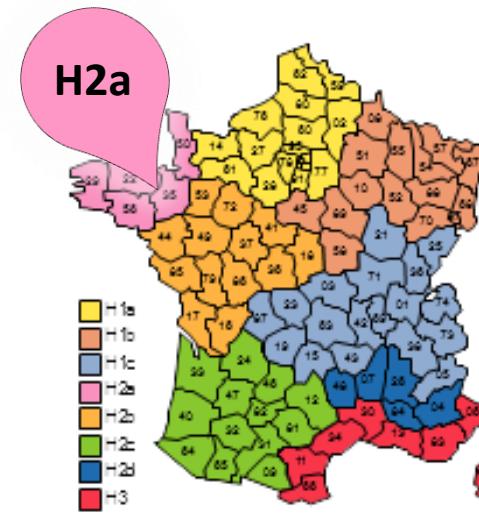


Baie Vitrée		
	Uw (W/m²K)	Sg (%)
Simple vitrage	4,9	0,82
Simple + volet	4	0,82
Double vitrage	3	0,75
Double + volet	2,6	0,75
Double VIR	1,4	0,63
Double VIR + volet	1,25	0,63
Triple VIR	0,8	0,55
Coefficient de clair :	75%	
Delta R volet :	0,15 m²K/W	

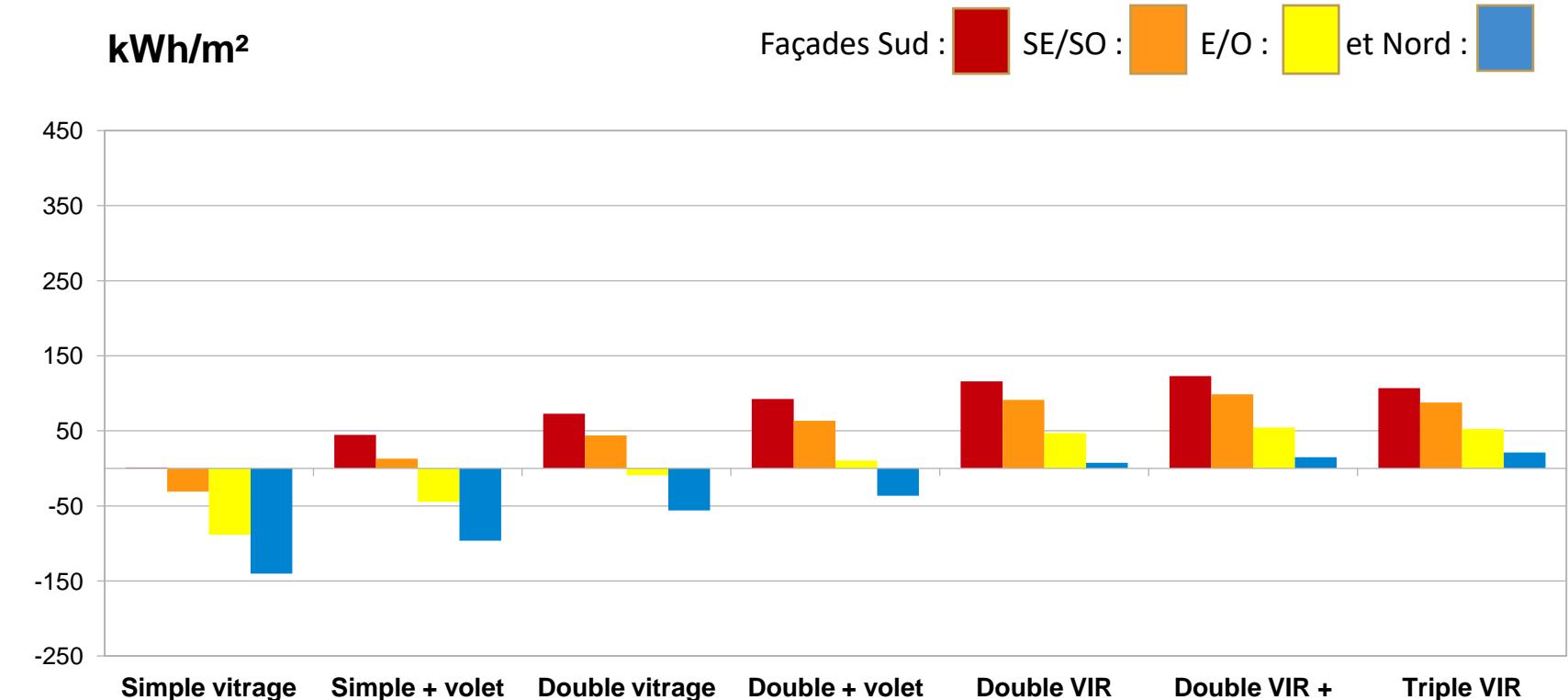


Bilan thermique pour 1m² de baie vitrée, selon type de vitrage, présence de volet et orientation.
Calcul réalisé sur la période de chauffe (7 mois, d'octobre à avril), base météo de Mâcon (71)

Bilan thermique d'un vitrage – Zone H2a

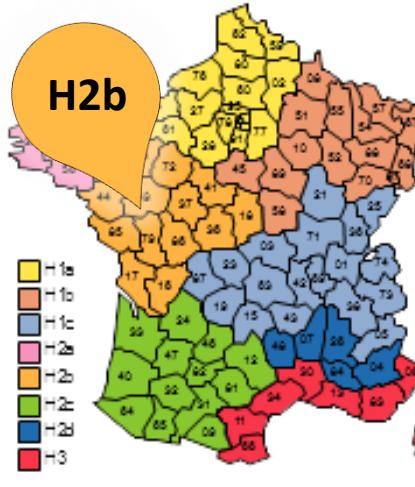


Baie Vitrée	Uw (W/m²K)	Sg (%)
Simple vitrage	4,9	0,82
Simple + volet	4	0,82
Double vitrage	3	0,75
Double + volet	2,6	0,75
Double VIR	1,4	0,63
Double VIR + volet	1,25	0,63
Triple VIR	0,8	0,55
Coefficient de clair :	75%	
Delta R volet :	0,15 m²K/W	

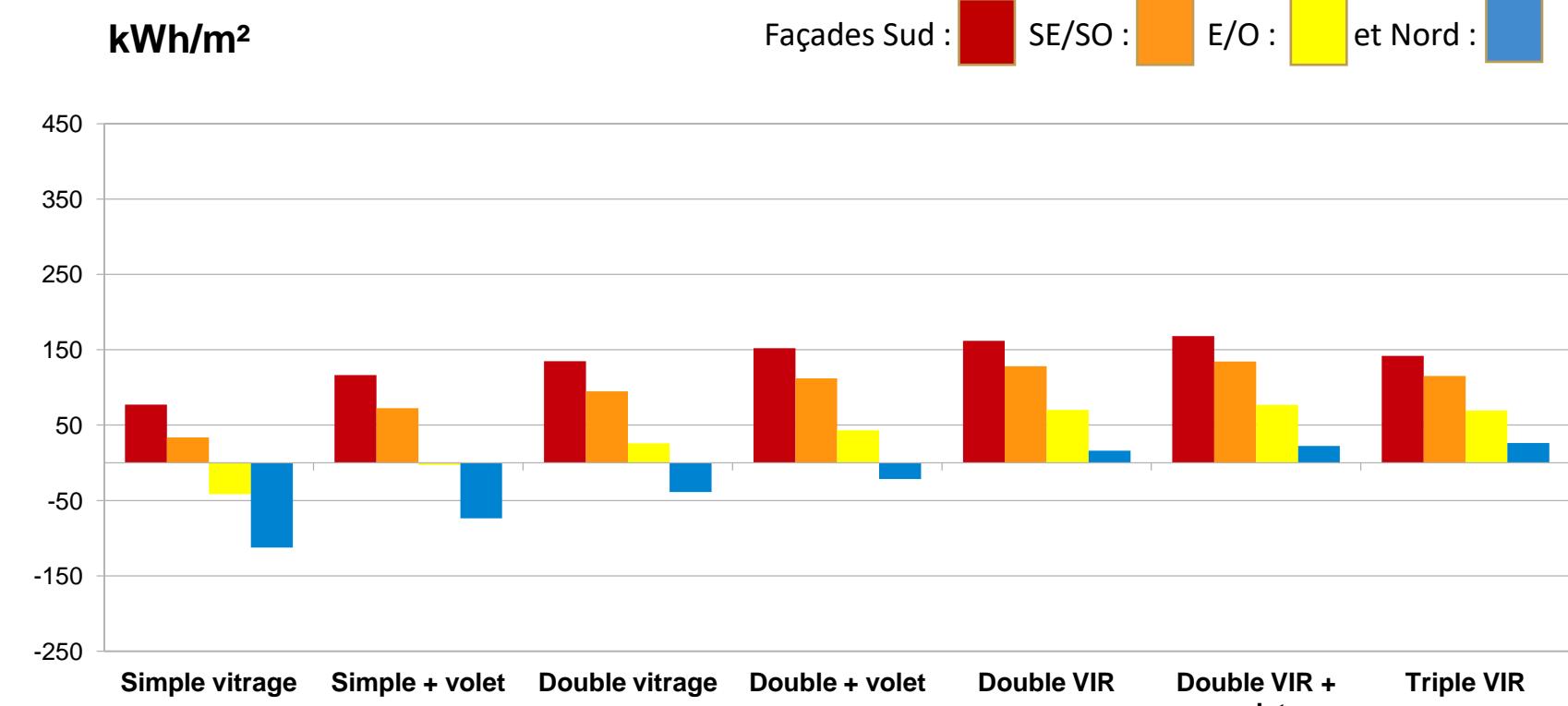


Bilan thermique pour 1m² de baie vitrée, selon type de vitrage, présence de volet et orientation.
Calcul réalisé sur la période de chauffe (7 mois, d'octobre à avril), base météo de Rennes (35)

Bilan thermique d'un vitrage – Zone H2b



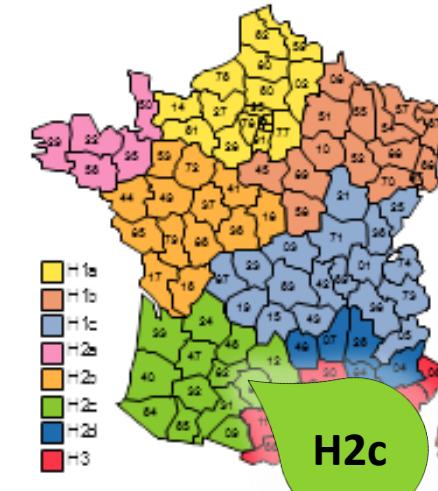
Baie Vitrée	Uw (W/m²K)	Sg (%)
Simple vitrage	4,9	0,82
Simple + volet	4	0,82
Double vitrage	3	0,75
Double + volet	2,6	0,75
Double VIR	1,4	0,63
Double VIR + volet	1,25	0,63
Triple VIR	0,8	0,55
Coefficient de clair :	75%	
Delta R volet :	0,15 m²K/W	



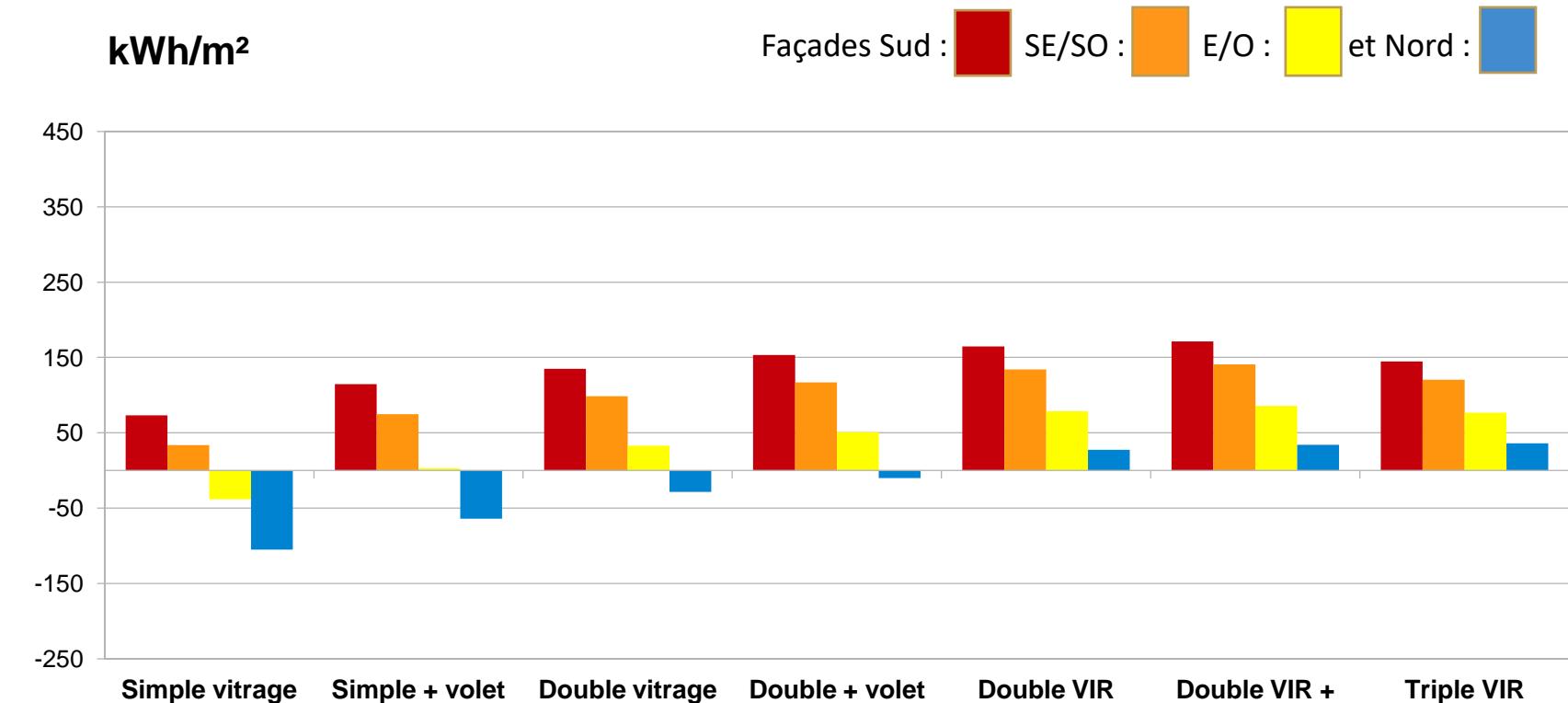
Bilan thermique pour 1m² de baie vitrée, selon type de vitrage, présence de volet et orientation.
Calcul réalisé sur la période de chauffe (7 mois, d'octobre à avril), base météo de La Rochelle (17)

Bilan thermique d'un vitrage – Zone H2c

Arcanne Bilan thermique de diverses baies vitrées



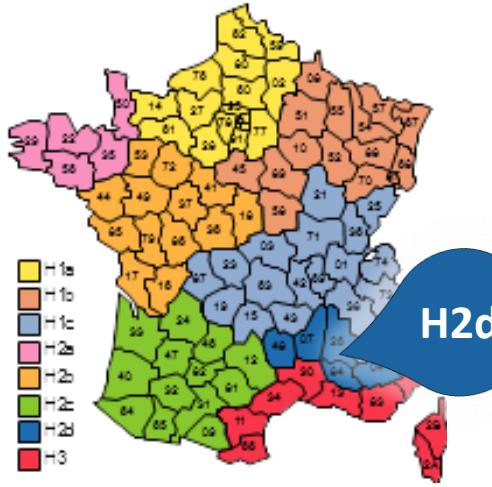
Baie Vitrée	Uw (W/m²K)	Sg (%)
Simple vitrage	4,9	0,82
Simple + volet	4	0,82
Double vitrage	3	0,75
Double + volet	2,6	0,75
Double VIR	1,4	0,63
Double VIR + volet	1,25	0,63
Triple VIR	0,8	0,55
Coefficient de clair :	75%	
Delta R volet :	0,15 m²K/W	



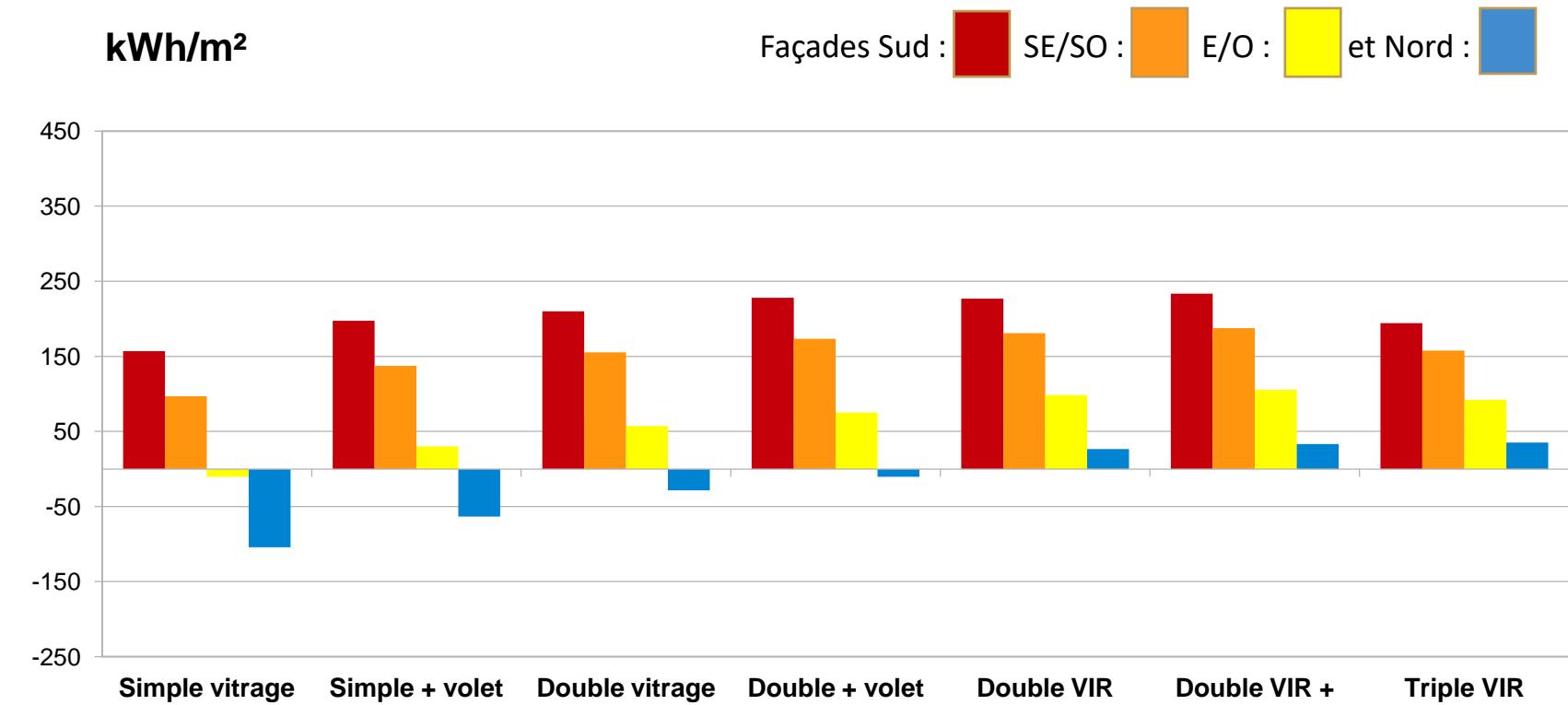
Bilan thermique pour 1m² de baie vitrée, selon type de vitrage, présence de volet et orientation.
Calcul réalisé sur la période de chauffe (7 mois, d'octobre à avril), base météo de Agen (47)

Bilan thermique d'un vitrage – Zone H2d

Arcanne Bilan thermique de diverses baies vitrées

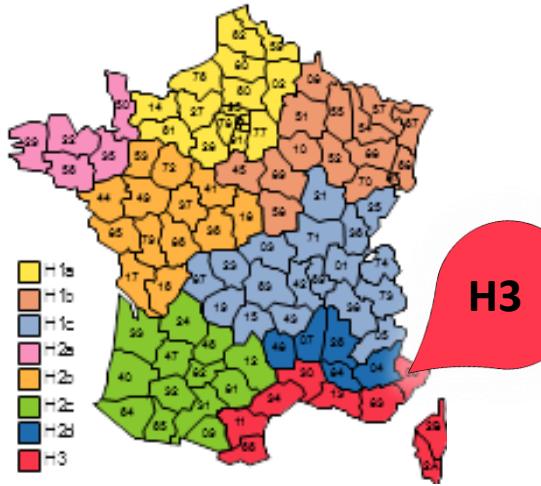


Baie Vitrée	Uw (W/m²K)	Sg (%)
Simple vitrage	4,9	0,82
Simple + volet	4	0,82
Double vitrage	3	0,75
Double + volet	2,6	0,75
Double VIR	1,4	0,63
Double VIR + volet	1,25	0,63
Triple VIR	0,8	0,55
Coefficient de clair :	75%	
Delta R volet :	0,15 m²K/W	

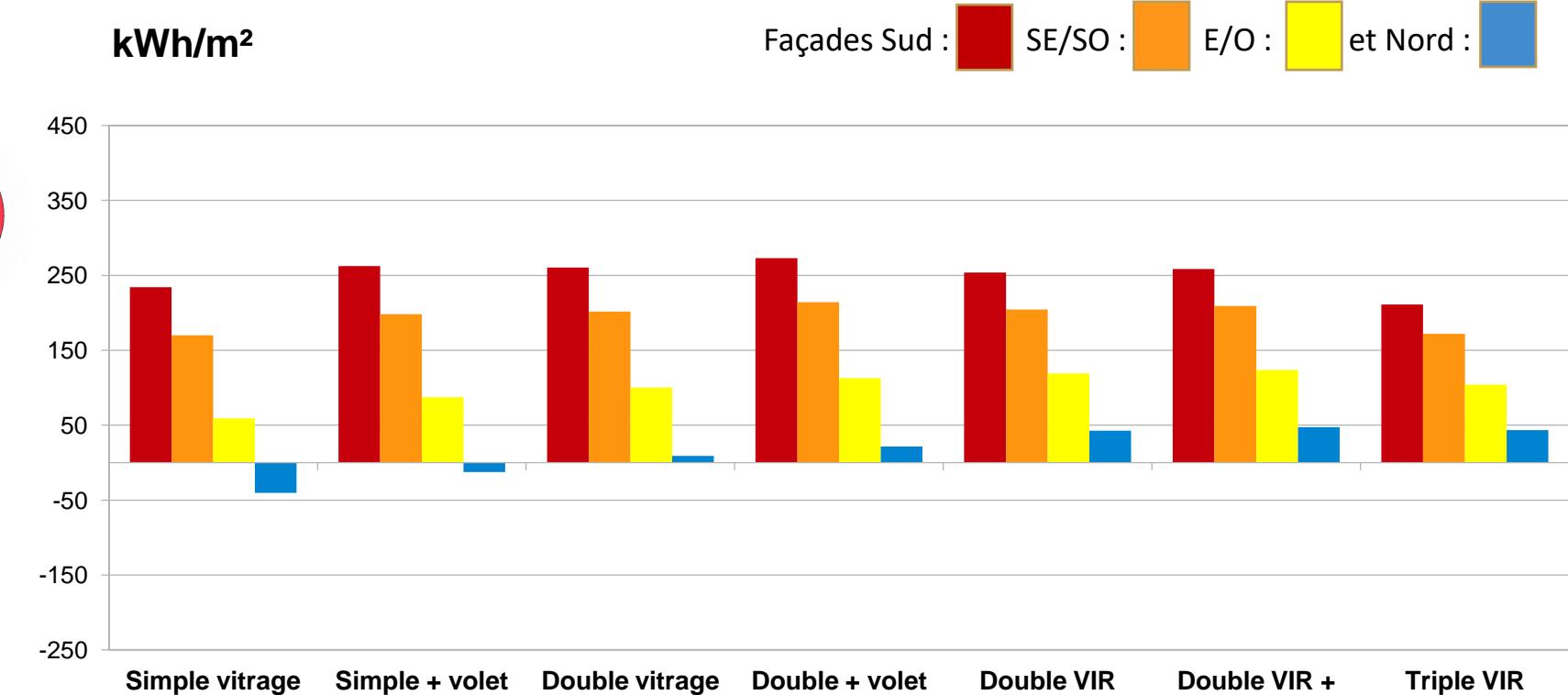


Bilan thermique pour 1m² de baie vitrée, selon type de vitrage, présence de volet et orientation.
Calcul réalisé sur la période de chauffe (7 mois, d'octobre à avril), base météo de Carpentras (84)

Bilan thermique d'un vitrage - Zone H3



Baie Vitrée	Uw (W/m²K)	Sg (%)
Simple vitrage	4,9	0,82
Simple + volet	4	0,82
Double vitrage	3	0,75
Double + volet	2,6	0,75
Double VIR	1,4	0,63
Double VIR + volet	1,25	0,63
Triple VIR	0,8	0,55
Coefficient de clair :	75%	
Delta R volet :	0,15 m²K/W	



Bilan thermique pour 1m² de baie vitrée, selon type de vitrage, présence de volet et orientation.
Calcul réalisé sur la période de chauffe (7 mois, d'octobre à avril), base météo de Nice (06)

Analyses et réflexions - 1 de 3

Cette première approche nous permet de réaliser :

- qu'il existe de réelles différences selon le vitrage, la façade, ou la région climatique ;
- que les façades Sud-Est et Sud-Ouest ont un bilan assez voisin d'une façade orientée plein Sud ;
- la pertinence des volets* ;
- la révolution qu'a représenté le double vitrage, puis l'incidence des VIR ;
- que l'orientation impacte plutôt moins le bilan des vitrages très performants ;
- que, sur les façades ouvertes au soleil, les vitrages qui ont le meilleur bilan ne sont pas forcément les plus isolants.

Ces informations que l'on peut tirer des diagrammes apportent des premiers repères. Néanmoins il est nécessaire, comme dans toute approche calculatoire générique, de réaliser :

- qu'elles sont les hypothèses retenues ;
- quelles sont les données non prises en compte qui pourraient influer les résultats.

En éléments d'explication : chaque situation est définie par des données moyennes, alors que dans certains cas nous pourrons avoir des baies ou des volets très spécifiques, ou être dans un lieu très ensoleillé, ou particulièrement brumeux. Ou bien, avoir des masques solaires devant les façades, ce qui ne correspond, par exemple à l'hypothèse retenue dans nos calculs. De plus, nous n'avons pas estimé l'incidence des inétanchéités à l'air des baies, qui dégraderaient fortement le bilan des anciennes fenêtres. Enfin, nous n'avons pas intégré non plus l'incidence de la fabrication du vitrage, qui sera quasi proportionnelle au nombre de verres, ou celui du cadre, qui pourra être faible pour le bois, et forte pour le PVC et surtout l'aluminium.

* L'éventuelle présence de rideaux n'est pas intégrée ici, mais, particulièrement sur des baies peu performantes ou en l'absence de volets, leur contribution sera de premier ordre. Dans ce cas on cherchera à avoir un voilage épais, qui s'approche du sol (présence de franges ?), et accompagné d'une cantonnière.

Analyses et réflexions

Cette première approche nous permet de réaliser :

- qu'il existe de réelles différences selon le vitrage, la façade, ou la région ;
- que les façades Sud-Est et Sud-Ouest ont un bilan assez voisin d'une autre ;
- la pertinence des volets* ;
- **la révolution qu'a représenté le double vitrage, puis les VIR** ;
- que l'orientation impacte plutôt moins le bilan des vitrages très performants ;
- que, sur les façades ouvertes au soleil, les vitrages qui ont le meilleur bilan sont ceux qui ont la meilleure orientation.

Ces informations que l'on peut tirer des diagrammes apportent des preuves pour toute approche calculatoire générique, de réaliser :

- qu'elles sont les hypothèses retenues ;
- quelles sont les données non prises en compte qui pourraient influer sur le résultat.

En éléments d'explication : chaque situation est définie par des données spécifiques, comme avoir des baies ou des volets très spécifiques, ou être dans un lieu très exposé au soleil, ou avoir des masques solaires devant les façades, ce qui ne correspond, par exemple à l'hypothèse retenue dans nos calculs. De plus, nous n'avons pas estimé l'incidence des inétanchéités à l'air des baies, qui dégraderaient fortement le bilan des anciennes fenêtres. Enfin, nous n'avons pas intégré non plus l'incidence de la fabrication du vitrage, qui sera quasi proportionnelle au nombre de verres, ou celui du cadre, qui pourra être faible pour le bois, et forte pour le PVC et surtout l'aluminium.

En réalisant que les baies vitrées sont passées en 50 ans de surfaces déperditives à surfaces caprices, nous comprenons pourquoi nous hésitons moins à nous ouvrir au soleil. Et que dans le cadre d'une rénovation, la tentation est grande de vouloir augmenter le nombre et la surface des ouvertures.

* l'éventuelle présence de rideaux n'est pas intégrée ici, mais, particulièrement sur des baies peu performantes ou en l'absence de volets, leur contribution sera de premier ordre. Dans ce cas on cherchera à avoir un voilage épais, qui s'approche du sol (présence de franges ?), et accompagné d'une cantonnière.



Analyses et réflexions - 2de3

L'analyse des bilans thermiques fait douter de la pertinence du triple vitrage, excepté éventuellement en façade nord dans les régions froides. Mais l'approche que nous avons faite est réalisée sur la totalité de la saison de chauffe. Etudions 2 situations.

1. Que se passe-t-il durant de longues périodes sans soleil ?

Sur ces périodes c'est ouvertement le U des parois qui renseigne le bilan journalier (nous avons beaucoup de déperditions et très peu d'apport solaire). Le triple vitrage y sera donc près de 2 fois plus performant qu'un double VIR. Le triple vitrage sera alors très séduisant si cette moins grande sensibilité aux aléas climatiques nous permet de réduire le système de chauffage à sa plus simple expression, comme par exemple en construction ou rénovation passive.

Que se passerait il dans un bâtiment passif standard mais avec du double VIR en lieu et place du triple vitrage ? Le bilan de l'enveloppe serait meilleur sur la saison de chauffe, mais avec un bâtiment plus sensible aux aléas climatiques. De fait si les besoins deviendraient quasi inexistant lors des périodes ensoleillées, ils seraient assez élevés durant les périodes sans soleil. Les systèmes de chauffage adaptés à de tels différentiels ne sont ni les plus performants, ni les moins onéreux.

Et, plus votre bâtiment sera vitré et ouvert au soleil, plus vous vous trouverez dans une situation complexe à gérer, particulièrement si vous n'appréhendez pas finement cette réalité en amont, par des protections solaires ajustables et une forte inertie intérieure.

La conception énergétique est un tout, et, plus vous optimisez un bâtiment, plus vous vous trouvez dans une situation où vous avez à choisir entre « option bioclimatique » et « approche passive » (telle qu'elle est présentée dans la construction passive). L'une et l'autre a sa logique propre et des réels atouts. Et s'il est possible de les combiner jusqu'à un certain niveau, au-delà, ou face à tel ou tel choix d'optimisation il faudra trancher, ce sera alors l'une, ou l'autre.



Analyses et réflexions - 3de3

2. Des particuliers, en zone H1c, souhaitent changer le vitrage de leurs baies situées à l'angle Sud-Ouest de leur maison.

Les résultats de la diapo 5 montre que sur ces façades le double vitrage à isolation renforcé (DVIR) a un meilleur bilan thermique sur la saison de chauffe que le triple vitrage, et pourtant c'est le TV qui sera choisi, et ce pour 4 raisons :

- a. De part et d'autre de cet angle nous avons 2 grandes portes vitrées. Optimiser le captage solaire n'est pas la priorité dans cet endroit très fortement vitré.
- b. Maison construite il y a 20 ans, l'absence de volets génère un angle froid lors des jours d'hiver sans soleil, et lors des nuits froides. Avoir des vitrages 2 fois moins déperditiifs est séduisant.
- c. Même si les retours quant au confort d'été sont bons pour ce rez de jardin, du fait de protections solaires performantes, d'une inertie intérieure forte additionnée à une surventilation nocturne efficace, il ne faut pas oublier qu'un TV laisse rentrer par conduction 2 fois moins de calories qu'un DV.
- d. Et dernier point : le fauteuil représente un endroit de lecture idéal, sauf que l'hiver le vitrage est souvent froid. Avec un triple vitrage, sa surface intérieure descendra rarement en dessous de 18°C, ce qui en hiver doublera le temps de confort à cet endroit spécifique.

Cet exemple fait réaliser que si l'approche thermique est importante, elle est néanmoins à intégrer dans une réflexion plus globale dans laquelle l'utilisateur, ses besoins, ses envies, prendront une place centrale. L'objectif de tout projet n'est pas de faire des boîtes thermiquement optimisées, mais des espaces agréables à vivre, adaptés aux besoins. Certes il leur faut être par ailleurs au minimum au niveau "basse consommation", mais n'oublions jamais que ce sont d'abord des espaces de vie !

Arcanne



Analyses et réflexions - 3^{de}3

2. Des particuliers, en zone H1c, souhaitent changer le vitrage de leurs baies situées à l'angle Sud-Ouest de leur maison.

Les résultats de la diapo 5 montre que sur ces façades le double vitrage à isolation renforcé (DVIR) a un meilleur bilan thermique sur la saison de chauffe que le triple vitrage, et pourtant c'est le TV qui sera choisi, et ce pour 4 raisons :

- a. De part et d'autre de cet angle nous avons 2 grandes portes vitrées. Optimiser le captage solaire n'est pas la priorité dans cet endroit très fortement vitré.
- b. Maison construite il y a 20 ans, l'absence de volets génère un angle froid lors des jours d'hiver sans soleil, et lors des nuits froides. Avoir des vitrages 2 fois moins déperditiifs est séduisant.
- c. Même si les retours quant au confort d'été sont bons pour ce rez de jardin, du fait de protections solaires performantes, d'une inertie intérieure forte additionnée à une surventilation nocturne efficace, il ne faut pas oublier qu'un TV laisse rentrer par conduction 2 fois moins de calories qu'un DV.
- d. Et dernier point : le fauteuil représente un endroit de lecture idéal, sauf que l'hiver le vitrage est souvent froid. Avec un triple vitrage, sa surface intérieure descendra rarement en dessous de 18°C, ce qui en hiver doublera le temps de confort à cet endroit spécifique.

Compléments sur diapos n°11

Plus le lieu sera ensoleillé, et/ou plus le coefficient de clair (voir diapo 2) sera important, plus les solutions à fort facteur solaire (celles de gauche sur les schémas) augmenteront leur bilan.

A l'inverse, si nous sommes dans une région avec brouillard, ou que nous avons des masques solaires, ces mêmes baies, qui ont un U_w non optimisé, perdront beaucoup sur leur bilan, donné dans nos calculs à partir d'une situation moyenne.

Analyses et réflexions - 1^{de}3

tre approche nous permet de réaliser :
 e de réelles différences selon le vitrage, la façade, ou la région climatique ;
 façades Sud-Est et Sud-Ouest ont un bilan assez voisin d'une façade orientée plein Sud ;
 nce des volets* ;
 ion qu'a représenté le double vitrage, puis l'incidence des VIR ;
 ntation impacte moins le bilan des vitrages très performants ;
 es façades ouvertes au soleil, les vitrages qui ont le meilleur bilan ne sont pas forcément les plus isolants.
 tions que l'on peut tirer des diagrammes apportent des premiers repères. Néanmoins il est nécessaire, comme dans le calculatoire générique, de réaliser :
 ont les hypothèses retenues ;
 ont les données non prises en compte qui pourraient influer les résultats.
 ation est définie par des données moyennes, alors que dans certains cas nous pourrons avoir des baies ou des volets ou être dans un lieu très ensoleillé, ou plutôt brumeux ; ou avoir des masques solaires devant les façades, ce qui correspond, par exemple à l'hypothèse retenue dans nos calculs. De plus, nous n'avons pas estimé l'incidence des baies à l'air des baies, qui dégraderait fortement le bilan des anciennes fenêtres. Enfin, nous n'avons pas intégré non plus l'incidence de la fabrication du vitrage, qui sera quasi proportionnelle au nombre de verres, ou celui de la baie, qui pourra être faible pour le bois, et forte pour le PVC et surtout l'aluminium.

Si une étude thermique de base ne rentre pas forcément plus dans le détail que nous dans les précédents calculs, demander une étude intégrant l'ensemble des spécificités d'un projet est possible... mais le "sur mesure" coûte ici également plus que le "prêt à porter"

Bilan thermique

Arcanne



Analyses et réflexions - 1^{de}3

première approche nous permet de réaliser :

Il existe de réelles différences selon le vitrage, la façade, ou la région climatique ;
les façades Sud-Est et Sud-Ouest ont un bilan assez voisin d'une façade orientée plein Sud ;
pertinence des volets* ;
évolution qu'a représenté le double vitrage, puis l'incidence des VIR ;
l'orientation impacte moins le bilan des vitrages très performants ;
sur les façades ouvertes au soleil, les vitrages qui ont le meilleur bilan ne sont pas forcément les plus isolants.

formations que l'on peut tirer des diagrammes apportent des premiers repères. Néanmoins il est nécessaire, comme dans l'approche calculatoire générique, de réaliser :

elles sont les hypothèses retenues ;

elles sont les données non prises en compte qui pourraient influer les résultats.

Chaque situation est définie par des données moyennes, alors que dans certains cas nous pourrons avoir des baies ou des volets particuliers, ou être dans un lieu très ensoleillé, ou plutôt brumeux ; ou avoir des masques solaires devant les façades, ce qui ne correspond, par exemple à l'hypothèse retenue dans nos calculs. De plus, nous n'avons pas estimé l'incidence des inétanchéités à l'air des baies, qui dégraderaient fortement le bilan des anciennes fenêtres. Enfin, nous n'avons pas intégré non plus l'incidence de la fabrication du vitrage, qui sera quasi proportionnelle au nombre de verres, ou celui de la baie, qui pourra être faible pour le bois, et forte pour le PVC et surtout l'aluminium.

* L'éventuelle présence de rideaux n'est pas intégrée ici, mais, particulièrement sur des baies peu performantes ou en l'absence de volets, leur contribution sera de premier ordre. Dans ce cas on cherchera à avoir un voilage épais, qui s'approche du sol (présence de franges ?), et accompagné d'une cantonnière.

Rares sont les projets qui intègrent la quantité d'énergie qui a été nécessaire à la fabrication des matériaux (=énergie grise), mais c'est également tout à fait possible. (On parle alors d'ACV pour Analyse du Cycle de Vie, de la fenêtre, du bâtiment...). **Mais ce sera +/- simple et fiable selon si l'on s'inspire de la méthode "officielle" française (FDES : 😞) ou d'autres approches*.**

Bill

Arcanne

* Premiers éléments d'explication de cette critique par l'article « [Label E+C-, de la bonne idée à la mauvaise blague](#) »

Analyses et réflexions - 1^{de}3

re approche nous permet de réaliser :
 e de réelles différences selon le vitrage, la façade, ou la région climatique ;
 façades Sud-Est et Sud-Ouest ont un bilan assez voisin d'une façade orientée plein Sud :
 ée des volets* ;
 on qu'a représenté le double vitrage, puis l'incidence des VIR ;
 tation impacte moins le bilan des vitrages très performants ;
 es façades ouvertes au soleil, les vitrages qui ont le meilleur bilan ne sont pas forcément les plus isolants.
 ions que l'on peut tirer des diagrammes apportent des premiers repères. Néanmoins il est nécessaire, comme dans
 le calculatoire générique, de réaliser :
 ont les hypothèses retenues ;
 nt les données non prises en compte qui pourraient influer les résultats.

tion est définie par des données moyennes, alors que dans certains cas nous pourrons avoir des baies ou des volets
 tre dans un lieu très ensoleillé, ou plutôt ombragé ; ou avoir des masques solaires devant la façade, ce qui ne
 par exemple à l'hypothèse retenue dans nos calculs. De plus, nous n'avons pas estimé l'incidence des inétanchéités à
 es, qui dégraderaient fortement le bilan des anciennes fenêtres. Enfin, nous n'avons pas intégré non plus
 l'incidence de la fabrication du vitrage, qui sera quasi proportionnelle au nombre de verres, ou celui de la baie, qui pourra
 être faible pour le bois, et forte pour le PVC et surtout l'aluminium.

* L'éventuelle présence de rideaux n'est pas intégrée ici, mais, particulièrement sur des baies peu performantes ou en l'absence de volets, leur contribution sera de premier ordre. Dans ce cas on cherchera à avoir un voilage épais, qui s'approche du sol (présence de franges ?), et accompagné d'une cantonnière.