

# RETScreen® International

Centre d'aide à la décision  
sur les énergies propres

## e-Formation

Module de formation

NOTES DU FORMATEUR

### ANALYSE DE PROJETS DE CHAUFFAGE SOLAIRE PASSIF

#### COURS D'ANALYSE DE PROJETS D'ÉNERGIES PROPRES

Ce document donne la transcription de la présentation orale (voix et acétates) pour ce module de formation et peut être utilisé comme notes du formateur. Cette présentation orale donne une vue d'ensemble de cette technologie et un aperçu des algorithmes utilisés dans le modèle RETScreen. Le matériel de formation est disponible gratuitement sur le site Web du Centre d'aide à la décision sur les énergies propres RETScreen® International : [www.retscreen.net](http://www.retscreen.net).

#### ACÉTATE 1 : Analyse de projets de chauffage solaire passif

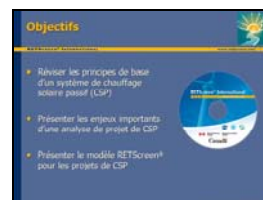
Ceci est le module de formation Analyse de projets de chauffage solaire passif du cours d'analyse de projets d'énergies propres de RETScreen International. Dans cette présentation, nous examinerons comment optimiser des gains solaires d'un bâtiment au moyen de fenêtres à haut rendement. Cette maison en France, avec son solarium, intègre plusieurs principes d'architecture propres au chauffage solaire passif.



Acétate 1

#### ACÉTATE 2 : Objectifs

Ce module vise 3 objectifs : le premier est de présenter les principes de base du chauffage solaire passif (CSP); le deuxième est de mettre en perspective certains enjeux importants d'une analyse de projets de chauffage solaire passif; le dernier de vous présenter le modèle RETScreen International pour projets de chauffage solaire passif.



Acétate 2

#### ACÉTATE 3 : Qu'est-ce qu'un système de chauffage solaire passif fournit?

C'est de pouvoir d'abord réduire de 20 à 50 % les besoins en chauffage des locaux en optimisant les gains solaires du bâtiment au moyen de fenêtres dont l'emplacement, les dimensions et le type de performances sont choisis avec attention plutôt que de répartir aléatoirement des vitrages à double vitrage standard.



Acétate 3

Support à la clientèle  
RETScreen®

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)  
[rets@nrcan.gc.ca](mailto:rets@nrcan.gc.ca)  
+1-450-652-5177  
+1-450-652-4621

This publication is also  
available in English.

Centre de la technologie  
de l'énergie de CANMET  
- Varennes (CTEC)

En collaboration avec:



PNUE

#### Exonération

Cette publication, diffusée à des fins uniquement didactiques, ne reflète pas nécessairement le point de vue du gouvernement du Canada et ne constitue en aucune façon une approbation des produits commerciaux ou des personnes qui y sont mentionnées, quels qu'ils soient. De plus, pour ce qui est du contenu de cette publication, le gouvernement du Canada, ses ministres, ses fonctionnaires et ses employés ou agents n'offrent aucune garantie et n'assument aucune responsabilité.

© Ministre de Ressources  
naturelles Canada 2002 - 2004.



Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada

Canada

### ACÉTATE 3 : Qu'est-ce qu'un système de chauffage solaire passif fournit? (suite)

Mais les principes de l'architecture solaire passive conduisent à d'autres avantages, notamment au niveau du confort accru de la maison. En utilisant des fenêtres à haut rendement énergétique dont les pertes thermiques sont plus faibles, la surface intérieure du vitrage est à une température plus élevée que celle de fenêtres ordinaires. Cela apporte 2 avantages : l'un étant d'éliminer la désagréable sensation de paroi froide ressentie par le corps humain à cause du rayonnement thermique, l'autre de réduire ou même d'éliminer la condensation d'humidité sur les fenêtres par temps froid.

De plus, l'utilisation de fenêtres à haut rendement thermique n'engendreront que de faibles dépenses énergétiques et permettent aux architectes d'en augmenter le nombre ou les dimensions et de bénéficier d'une lumière naturelle plus abondante.

Une bonne architecture solaire passive doit aussi permettre de réduire les gains solaires lorsqu'ils sont indésirables, pendant la saison chaude. On peut réduire les surchauffes causées par l'ensoleillement en équipant la maison de dispositifs d'ombrage des fenêtres les plus exposées du soleil.

Dans les maisons équipées de l'air climatisé, le vitrage plus performant permet aussi de réduire les gains de chaleur venant de l'extérieur, plus chaud que l'air de la maison.

En réduisant les pointes de puissance en climatisation, les principes d'architecture solaire passive peuvent donc contribuer à réduire la capacité des climatiseurs nécessaires au bâtiment. De plus, avec une surface de vitrage plus chaude à l'intérieur du bâtiment, on peut parfois éliminer le besoin d'un chauffage périmétrique. Ces avantages se traduisent donc en économies dans la conception des installations de chauffage et de climatisation, économies qui peuvent compenser le surcroît de fenêtres à haut rendement, en tout ou en partie.

### ACÉTATE 4 : Principes du chauffage solaire passif

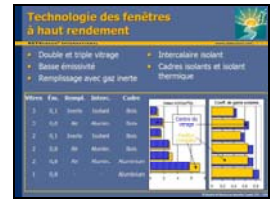
Les principes de base de l'architecture solaire passive sont illustrés par cette comparaison avec une maison classique. En été, les fenêtres d'un bâtiment ordinaire admettent beaucoup d'ensoleillement, ce qui augmente la charge de climatisation ou rend les pièces inconfortables. En hiver, le soleil entre aussi dans le bâtiment mais même les journées ensoleillées, par temps froid, les pertes thermiques par les fenêtres ordinaires sont bien plus importantes que les gains solaires qu'on en retire. Le bâtiment se refroidit beaucoup la nuit et la consommation de chauffage est élevée.

En comparaison, un bâtiment solaire passif dépense moins d'énergie pour conserver une température confortable tout au long de l'année. Les principes d'architecture solaire passive reposent sur 3 caractéristiques. D'abord, les fenêtres à haut rendement perdent moins de chaleur en hiver. En été, des surplombs, des auvents ou d'autres dispositifs d'ombrages évitent aux fenêtres des façades les plus ensoleillées de créer des surchauffes indésirables. Comme le soleil est plus bas sur l'horizon en hiver, ces dispositifs ne nuisent pas aux gains solaires pendant la saison de chauffage. Enfin, un bâtiment solaire passif a généralement une plus forte masse thermique qu'un bâtiment classique, ce qui permet de stocker la chaleur du soleil pendant la journée, pour la restituer durant la nuit. En Amérique du Nord où les maisons sont généralement légères, si la fenestration au sud n'est pas trop surdimensionnée, il suffit de mettre une double épaisseur de placoplâtre pour créer une masse thermique suffisante. On peut utiliser une plus grande surface de fenêtres faisant face au sud sans nécessairement créer de surchauffes durant le jour, en choisissant d'ajouter aux pièces ensoleillées une cloison en briques ou un revêtement de sol en carrelage massif.



Acétate 4

## ACÉTATE 5 : Technologies des fenêtres à haut rendement



Acétate 5

Au cours des 30 dernières années, il y a eu de grandes améliorations dans les techniques de construction et le rendement des fenêtres proposées sur le marché. Il existe ainsi des vitrages ayant de très faibles déperditions thermiques mais qui permettent à une quantité encore appréciable d'énergie solaire de les traverser.

La première technique a été l'utilisation de double ou de triple vitrages. La couche d'air emprisonnée entre 2 vitres est utilisée comme isolant. Les propriétés isolantes de cet espace peuvent être augmentées en le remplissant d'un gaz ayant une plus faible conductivité thermique que l'air, par exemple de l'argon ou du krypton. Une autre innovation a été l'introduction de films ou de revêtements à faible émissivité. Bien que le verre soit opaque aux rayons infrarouges, lorsqu'il est plus chaud que l'extérieur, il peut lui-même émettre du rayonnement infrarouge et se refroidir. Avec un revêtement à faible émissivité, on réduit ces pertes par radiation.

Les déperditions thermiques d'une fenêtre viennent aussi de son cadre et des intercalaires entre les vitrages scellés. Pour ces derniers, on utilisait autrefois de l'aluminium, ce qui créait un parfait pont thermique. Ce genre d'erreur est maintenant minimisé et on utilise des matériaux moins conducteurs ou des coupes ponts thermiques bien placés.

Le bénéfice de telles mesures est illustré par le tableau présenté sur cette acétate. On y compare les performances de 6 types différents de fenêtres, au niveau de la résistance thermique, caractérisée par la *valeur U* du premier graphique, et au niveau du coefficient de gains solaires qui exprime si le vitrage laisse plus ou moins passer le rayonnement solaire au bénéfice du bâtiment. Quand la valeur U est faible on a moins de pertes thermiques. Quand le coefficient de gains solaires est élevé, on bénéficie de plus de chaleur d'origine solaire. Pour chaque type de fenêtre, on donne 2 valeurs de chacune de ces caractéristiques. L'une correspond aux valeurs obtenues au centre du vitrage, alors que les effets du cadre de la fenêtre sont négligeables, l'autre correspond à la valeur moyenne obtenue pour la fenêtre et qui tient compte des effets négatifs du cadre de la fenêtre sur les gains solaires et sur les pertes thermiques. En général, il est plus important de s'intéresser à une faible valeur U qu'à un coefficient de gains solaires élevé car les pertes thermiques sont continues pendant toute la durée de la saison de chauffage alors que l'on ne bénéficie des gains solaires que pendant les heures d'ensoleillement plus faibles en hiver.

La première valeur en bas de la page correspond à une fenêtre à simple vitrage à cadre d'aluminium. Sa valeur U est de 7 W/(°C·m) ce qui amène à de très importantes déperditions thermiques. Cependant, 75 % de l'énergie solaire incidente rentrera à l'intérieur du bâtiment. Juste au-dessus on voit les performances d'une fenêtre identique mais équipée d'un double vitrage. On a réduit les pertes thermiques de moitié alors que les gains solaires ont seulement été réduits de 10 % additionnels. Le même vitrage dans un cadre en bois permet d'avoir une fenêtre ayant de plus faibles pertes thermiques.

Un important gain de performance est obtenu grâce au film à faible émissivité, au remplacement de l'air par de l'argon pour remplir l'espace entre les 2 vitres et à l'installation d'un intercalaire en matériau isolant. Ces mesures permettent de réduire encore les pertes thermiques de 30 à 40 % alors que le coefficient de gains solaires ne perd que 15 %. Cette fenêtre a également de plus faibles pertes thermiques qu'une fenêtre à triple vitrage sans film à basse émissivité ni argon et sans intercalaire isolant. En revanche, la fenêtre à triple vitrage permet d'obtenir de plus importants gains solaires, ce qui fait que ces 2 types de fenêtres sont assez équivalents.

## ACÉTATE 5 : Technologies des fenêtres à haut rendement (suite)

En combinant le triple vitrage à un filtre à basse émissivité à un remplissage à l'argon et à des intercalaires isolant, on obtient une fenêtre à très haut rendement. C'est celle que l'on retrouve à la première ligne du tableau. La valeur U a été réduite de 85 % alors que les gains solaires ne l'ont été que de 45 %. Il y a encore une bonne quantité d'énergie solaire qui pénètre dans le bâtiment mais les pertes thermiques ont été considérablement réduites.

## ACÉTATE 6 : Ombrage et masse thermique

Lorsque l'on augmente la surface vitrée en concevant un bâtiment solaire passif, on peut augmenter les besoins de climatisation de ce bâtiment et également créer des surchauffes inconfortables lors d'après-midi ensoleillées. Ces inconvénients peuvent être évités avec une utilisation judicieuse de masses thermiques et de dispositifs d'ombrage.

Il existe plusieurs dispositifs d'ombrage dont l'objectif est de réduire la quantité d'ensoleillement qui peut pénétrer à l'intérieur du bâtiment pendant la saison chaude, sans nuire aux gains solaires pendant la saison de chauffage. Une avancée de toit au-dessus d'une fenêtre est une méthode simple et très efficace d'atteindre cet objectif avec les fenêtres faisant face à l'équateur. En été, le soleil est haut au-dessus de l'horizon et l'avancée de toit projette une ombre sur la majorité de la fenêtre pendant les heures où le soleil est le plus intense. En hiver, alors que le soleil est plus bas sur l'horizon, l'énergie solaire atteint sans obstacle l'entière surface de la fenêtre.

Les arbres à feuilles caduques, qui perdent leurs feuilles en hiver, permettent également de très bien remplir la fonction désirée mais il faut attendre que les arbres soient matures. Certaines structures ou bâtiments environnants peuvent également jouer ce rôle. On peut également équiper les fenêtres de certains dispositifs comme des marquises, des auvents ou des volets ou des rideaux plus ou moins opaques et réfléchissants. Certains dispositifs amovibles peuvent être motorisés et automatisés mais leur coût devient très important pour les bénéfices apportés. De plus, ils peuvent être fragiles. Il faut également tenir compte de la vue des occupants du bâtiment qui peut être obstruée.

L'orientation du bâtiment est également importante. Ainsi il est intéressant de pouvoir orienter la façade la plus importante du bâtiment face à l'équateur afin d'y installer la plus grande surface de fenêtres pour bénéficier de gains solaires en hiver. En plus, il est plus facile d'avoir des dispositifs d'ombrage efficaces face au midi. En général, on évitera des fenêtres sur une façade ouest car elles apportent les plus importants gains solaires en après-midi alors que c'est la période de la journée où le bâtiment a le moins besoin de chaleur, surtout en été quand c'est le moment le plus chaud. Les serres et les puits de lumière inclinés face à l'équateur ne sont pas conseillés car ils peuvent causer d'importantes surchauffes en été. La façade opposée à l'équateur n'apporte pas de gains solaires. En revanche, des fenêtres qui y sont installées donnent une lumière naturelle uniforme et ne sont jamais la cause de surchauffes ou d'éblouissement.

Lorsque le vitrage des fenêtres orientées face à l'équateur représente moins de 10 % de la surface de planchers chauffés, même les constructions légères ont suffisamment de masse thermique pour absorber les gains solaires pendant la saison de chauffage, sans créer de surchauffe. Au-dessus de ce pourcentage, il est préférable d'ajouter des masses thermiques qui absorberont les surchauffes solaires pour les restituer en soirée. On peut créer de la masse thermique en ajoutant une deuxième épaisseur de placoplâtre aux murs et aux plafonds, en mettant du carrelage épais au sol et éventuellement en utilisant une cloison intérieure en briques ou en maçonnerie.



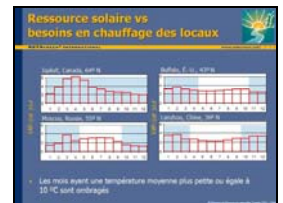
Acétate 6

ACÉTATE 6 : **Ombrage et masse thermique (suite)**

Le système mécanique d'un bâtiment peut aussi permettre d'optimiser les bénéfices des gains solaires passifs en les transférant à d'autres zones du bâtiment non exposées au soleil, contrôlant ainsi les surchauffes des zones ensoleillées. Cela peut être réalisé avec une boucle de transfert thermique à laquelle se greffent des pompes à chaleur ou plus simplement par transfert d'air chaud dans un système de ventilation plus classique.

ACÉTATE 7 : **Ressource solaire vs besoins en chauffage des locaux**

Pour pouvoir parler de chauffage solaire passif, il faut qu'il y ait des besoins de chauffage et de l'énergie solaire qui soit disponible en même temps. Les 4 graphiques suivants montrent l'ensoleillement moyen quotidien sur 1 m de surface verticale faisant face au sud dans 4 villes différentes de l'hémisphère Nord, et ce pour chacun des mois de



Acétate 7

l'année, en commençant par le mois de janvier. Les barres ombrées en bleu sont celles des mois ayant une température moyenne inférieure à 10 °C et correspondent plus ou moins à la saison de chauffage. La hauteur des barres est proportionnelle à l'ensoleillement exprimé en kWh par jour sur 1 m de vitrage vertical faisant face au sud. À Iqaluit au Nunavut dans le Grand Nord Canadien, la température moyenne mensuelle est inférieure à 10 °C toute l'année. Malgré la haute latitude, il y a du soleil toute l'année, même en hiver et il est très intéressant de noter que les mois de plus fort ensoleillement s'étendent de février à mai inclus alors qu'il fait encore bien froid et qu'il y a besoin de chauffage.

Moscou, en Russie, bénéficie d'un climat moins ensoleillé en hiver mais la fin de l'hiver et le début du printemps peuvent bénéficier d'une ressource notable alors qu'il y a encore des besoins de chauffage.

À Buffalo aux États-Unis, à une latitude de 43°, et à Lanzhou en Chine, à une latitude de 36°, il y a un bon ensoleillement pendant les 6 mois de la saison de chauffage.

Ces graphiques illustrent le potentiel que l'on peut exploiter en architecture solaire passive. Ils montrent notamment qu'un plan vertical orienté face à l'équateur bénéficie d'un ensoleillement beaucoup plus avantageux au cours de l'hiver qu'une surface inclinée ou horizontale.

ACÉTATE 8 : **Exemple des coûts et économies du chauffage solaire passif**

Les coûts et économies du chauffage solaire passif varient d'un projet à un autre et d'un endroit à un autre. Prenons comme exemple une résidence individuelle au Canada, et commençons par évaluer le surcoût de fenêtres à haut rendement par rapport à des fenêtres à double vitrage standard. Nous regardons ensuite l'impact de ces fenêtres sur les coûts annuels en chauffage.



Acétate 8

Les fenêtres du cas de référence sont fixes à double vitrage avec intercalaires en aluminium et cadres en bois. Il n'y a ni argon, ni film à basse émissivité, mais il s'agit quand même de fenêtres assez performantes surtout si on les compare à des fenêtres à simple vitrage en aluminium. Le coût installé de ces fenêtres est de 250 \$ par m de fenêtre.

Le surcoût pour avoir les mêmes fenêtres mais avec un vitrage équipé d'intercalaires isolants, d'un film à basse émissivité et remplie à l'argon est de 35 à 40 \$ par m de fenêtre.

ACÉTATE 8 : **Exemple des coûts et économies du chauffage solaire passif (suite)**

Si l'on ajoutait un troisième vitrage le surcoût serait encore plus important et on arrive alors à des fenêtres dont le coût atteint 340 \$ par m<sup>2</sup> de fenêtre.

En résumé, cela signifie que le surcoût pour avoir des fenêtres à haut rendement est 5 à 35 % par rapport à des fenêtres standard, ou encore de 400 \$ à 2 000 \$ pour l'ensemble des fenêtres de cette maison canadienne typique.

D'un autre côté, on constate que les économies de chauffage causées par ces meilleurs vitrages représentent de 20 à 50 % des coûts de chauffage de la maison équipée de vitrages standard. Avec un chauffage au gaz naturel au coût de 0,25 ¢ le m<sup>3</sup>, cela représente des économies annuelles de 150 \$ à 380 \$. Si la maison est chauffée à l'électricité, à un coût de 0,06 ¢ le kWh, les économies annuelles s'élèvent de 270 \$ à 680 \$. Même si les temps de retour simple sur investissement ne sont pas très courts, il faut bien prendre en compte que ces économies annuelles se répéteront année après année dans l'exploitation du bâtiment. Pour l'occupant ou le propriétaire, des fenêtres à haut rendement peuvent donc être un excellent investissement qui contribue en plus à un meilleur confort.

ACÉTATE 9 : **Enjeux d'un projet de chauffage solaire passif**

Le moment idéal pour appliquer les principes de chauffage solaire passif est lors de la planification d'une nouvelle construction. Libéré des contraintes d'un plan existant, le concepteur peut orienter le bâtiment avec sa façade principale vers l'équateur, équiper cette façade d'une fenestration adéquate et à haut rendement ainsi que de dispositifs

d'ombrages. Il pourra également limiter la surface vitrée donnant vers l'ouest. Après avoir optimisé les gains solaires passifs, le concepteur évaluera alors la nécessité d'un chauffage périmétrique, pour réchauffer les fenêtres. Un tel dispositif peut être éliminé ou du moins réduit. Le système de climatisation peut aussi être revu à la baisse étant donné que les gains solaires auront été réduits en été. À ce niveau, un bâtiment existant, déjà équipé de systèmes mécaniques, ne pourra bénéficier d'une réduction des coûts d'investissement dans ces derniers, lors d'une rénovation de façades.

Si on a besoin de remplacer les fenêtres d'un bâtiment, l'installation de fenêtres à haut rendement peut être financièrement rentable par rapport à des fenêtres à double vitrage standard. En revanche, il est rarement possible de justifier le remplacement de fenêtres standard à double vitrage encore en bon état, par les seules économies d'énergie qu'elles procurent.

Le chauffage solaire passif est plus bénéfique dans les bâtiments où il y a beaucoup plus de besoins de chauffage que de besoins de climatisation. C'est à la fois le climat, le bâtiment et son type d'utilisation qui détermineront si l'on se trouve dans une telle situation ou non. Les climats les plus prometteurs sont des climats froids ou tempérés. Des bâtiments de faible hauteur se prêtent mieux au solaire passif que des tours à bureau ou des bâtiments industriels car les gains internes y sont importants, ce qui réduit les charges nettes de chauffage. D'un autre côté, de tels bâtiments peuvent avoir besoin de chauffage périmétrique même lorsque le bâtiment n'a globalement pas besoin de chauffage ou a même besoin d'être refroidi. Si des fenêtres à haut rendement évitent une telle installation, elles peuvent alors devenir un investissement très rentable.



Acétate 9

ACÉTATE 9 : **Enjeux d'un projet de chauffage solaire passif (suite)**

Les fenêtres doivent toujours être considérées comme faisant partie intégrale de l'enveloppe du bâtiment. Cela aurait peu de sens d'installer des fenêtres à haut rendement et de laisser construire des murs ayant une faible résistance thermique. Réciproquement, si l'on veut investir dans des murs à haut pouvoir isolant, il est logique d'attribuer une part de cet investissement dans des fenêtres plus performantes. Il ne faut pas laisser de point faible dans la continuité des propriétés isolantes de l'enveloppe d'un bâtiment.

ACÉTATE 10 : **Bâtiments à consommation réduite d'énergie**  
**Exemples: Canada et États-Unis**

Les principes du chauffage solaire passif ont été appliqués à un grand nombre de bâtiments à travers le monde et ce, sans en affecter le style ni l'apparence. En fait, les normes actuelles de construction comprennent des mesures qui auraient été considérées comme faisant partie d'un plan très innovateur d'économies d'énergie, voici 30 ans. Il y a cependant encore de la place pour ajouter des mesures rentables à ces normes. De plus, même si certains investissements dans l'enveloppe du bâtiment ne sont pas vraiment rentables, en particulier des dispositions liées au solaire passif, ils sont quand même réalisés pour d'autres raisons. Par exemple, dans les milieux bruyants, on adoptera des fenêtres de haute qualité parce qu'elles sont aussi plus efficaces pour réduire le bruit venant de l'extérieur. Elles sont aussi un choix logique pour ceux qui ont des convictions dans la protection de l'environnement, ou plus simplement pour ceux qui apprécient un meilleur confort dans leur logement ou leur milieu de travail.



Acétate 10

La photo de gauche montre les 2 derniers étages de maisons à 3 étages au Massachusetts aux États-Unis. De grands arbres procurent une ombre abondante même aux derniers étages. Équipées de fenêtres à haut rendement et de pompes à chaleur géothermiques, ces résidences consomment 2 fois moins d'énergie que des bâtiments similaires. À droite, on voit la maison solaire de démonstration « Green Home » de Waterloo en Ontario au Canada. Le toit de cette maison s'avance de manière prononcée au-delà de la façade. Cette maison bénéficie aussi de l'ombre d'arbres à feuilles caduques, d'un chauffe-eau solaire et d'un système photovoltaïque.

ACÉTATE 11 : **Maisons solaires autosuffisantes**  
**Exemples: Allemagne et Lesotho**

Dans la diapositive précédente, nous avons vu que le chauffage solaire passif permettait de réduire les besoins de chauffage de bâtiments restant de conception classique. Il s'agit aussi d'un concept essentiel à la réalisation de maisons autosuffisantes et qui dépendent uniquement de la ressource solaire. De telles résidences comprennent en général de plus grandes surfaces vitrées pour générer plus de gains solaires mais aussi de grandes masses thermiques pour les stocker sans qu'ils ne génèrent de surchauffe. Ces maisons comprennent aussi un système de ventilation interne qui distribue la chaleur dans toute la maison. Avec ces techniques, de telles maisons arrivent à combler tous leurs besoins de chauffage même dans des climats assez froids. Bien sûr des fenêtres à haut rendement font partie des composants utilisés dans de telles maisons. Elles permettent plus de flexibilité dans la localisation des ouvertures et, dans certains cas, elles peuvent même générer des gains thermiques positifs uniquement à partir de l'ensoleillement diffus.



Acétate 11

ACÉTATE 11 : **Maisons solaires autosuffisantes**  
**Exemples: Allemagne et Lesotho (suite)**

Les maisons autosuffisantes peuvent très difficilement être financièrement rentables en climat froid, spécialement à hautes latitudes car l'ensoleillement en hiver y est vraiment faible. Elles sont cependant une vitrine technologique pour de nouvelles technologies et permettent d'évaluer de nouveaux standards de construction. Ainsi, la maison de droite, du Fraunhofer Institut für Solare Energie à Freiburg, en Allemagne, est d'un concept très avant-gardiste. Tous les besoins de la maison sont comblés par l'énergie solaire uniquement. La façade sud, de forme arrondie, combine du vitrage et de l'isolation transparente. Le toit est constitué de modules photovoltaïques.

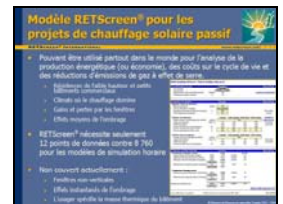
Il est plus facile de réaliser des maisons autonomes en climat froid mais à de plus basses latitudes, comme cette maison à l'allure de case située à une altitude de 1 800 m au Lesotho. En hiver, les nuits connaissent des températures bien en dessous du point de congélation. Au centre, on voit une serre constituée de panneaux translucides gaufrés en fibre de verre. La nuit, les occupants ouvrent les portes de la serre et la chaleur de celle-ci se répand dans la maison. La maison est aussi équipée d'un chauffe-eau solaire à thermosiphon et d'un système photovoltaïque.

ACÉTATE 12 : **Modèle RETScreen® pour les projets de chauffage solaire passif**

Bien que simple, ce modèle est un outil très pratique dans le cadre d'une analyse préliminaire de la faisabilité technique et financière d'optimiser un bâtiment au niveau du chauffage solaire passif. Où qu'il soit dans le monde, un bâtiment peut être analysé de façon à connaître l'impact de l'installation de fenêtres à haut rendement sur les besoins de chauffage et de climatisation, les coûts globaux sur la durée de vie du bâtiment, est sur ses émissions de gaz à effet de serre. Le modèle s'applique aux bâtiments de faible hauteur et les petits immeubles commerciaux situés dans des climats où se sont les besoins de chauffage qui prédominent. Le modèle tient compte des gains solaires et des pertes thermiques des fenêtres ainsi que de l'efficacité moyenne de dispositifs d'ombrage. Le modèle permet également d'évaluer l'influence de l'orientation d'un bâtiment sur ses besoins énergétiques. On peut également évaluer l'influence de surfaces différentes de fenêtres, ou de répartitions différentes de fenêtres entre les différentes façades du bâtiment.

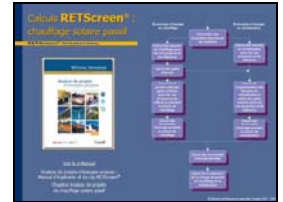
L'utilisateur n'a pas besoin de fournir un grand nombre de données au modèle RETScreen qui se contente des moyennes mensuelles de la température ambiante extérieure et de l'ensoleillement quotidien. De plus, ces données sont disponibles dans la base de données météorologiques intégrée à RETScreen et couvrant le monde entier. L'utilisation de moyennes mensuelles facilite l'obtention et le traitement des données en comparaison des séries de 8 760 valeurs qu'il faut manipuler dans la plupart des outils de simulation qui fonctionnent sur une base horaire.

Bien que le modèle RETScreen puisse être appliqué à un grand nombre de bâtiments, il y a certaines limites à son utilisation. Le modèle ne s'applique pas aux fenêtres inclinées et considère que toutes les fenêtres sont verticales et disposées sur les 4 façades d'un bâtiment rectangulaire. Le modèle utilise l'efficacité moyenne des dispositifs d'ombrage et ne modélise pas la variation de l'ombre portée au cours de la journée. De même, les masses thermiques sont utilisées uniquement pour leur capacité à absorber les gains solaires sans générer de surchauffe excessive mais sans modélisation de stockage d'énergie.





ACÉTATE 13 : **Calcul RETScreen® chauffage solaire passif**



Acétate 13

Les économies d'énergie apportées par le chauffage solaire passif sont calculées sur une période d'un an. Deux calculs sont effectués : l'un pour les économies en chauffage, l'autre pour les économies en climatisation. Nous ne donnons qu'un aperçu de ces modèles. Pour en savoir plus, l'utilisateur peut se reporter au *Manuel d'ingénierie et d'études de cas* disponible sans frais sur le site de RETScreen.

La première étape de calcul consiste à ajouter les performances des fenêtres en fonction de leurs dimensions. La valeur U et le coefficient de gains solaires, pour un même type de fenêtre, varient en fonction de ses dimensions. Si l'utilisateur spécifie une fenêtre dont les dimensions sont différentes de celles de la fenêtre correspondante dans la base de données de RETScreen, le modèle corrige la valeur U et le coefficient de gains solaires de la fenêtre de test pour obtenir les valeurs de la fenêtre utilisée.

RETScreen calcule ensuite les besoins mensuels de chauffage de la maison en supposant que l'intérieur est maintenu à une température de 21 °C et en fonction de la température extérieure. Dans le cas de référence, on utilise une maison ayant un coefficient de déperditions thermiques typique afin de pouvoir faire une corrélation entre les pertes thermiques et la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de la maison. Ensuite, dans le cas proposé, on modifie le coefficient de déperditions thermiques de la maison de manière à refléter l'impact des fenêtres ayant un meilleur rendement énergétique. Le coefficient modifié de déperditions thermiques de la maison permet d'évaluer les besoins nets en chauffage de la maison du cas proposé.

Il est important de noter que le modèle ne vise pas à calculer précisément les besoins de chauffage d'une maison, mais plutôt la différence de besoins thermiques entre une maison de référence et la même maison avec une autre fenestration.

On accepte donc qu'il y ait une certaine imprécision dans le calcul du coefficient de pertes thermiques de la maison de référence car l'erreur possible dans l'évaluation est largement éliminée lorsque l'on fait la différence des besoins énergétiques entre le cas proposé et le cas de référence.

On considère que les gains internes demeurent identiques dans la maison proposée et dans la maison de référence, et qu'ils sont constants au cours de l'année. L'utilisateur donne une évaluation journalière de ces gains et RETScreen en déduit une valeur mensuelle.

RETScreen calcule ensuite les gains solaires qui contribueront au chauffage de la maison, dans le cas de référence comme dans le cas proposé. Il commence par calculer l'ensoleillement incident sur chacune des 4 façades du bâtiment, pour chacun des mois de l'année. En utilisant ensuite le coefficient de gains solaires, on calcule ensuite quelle portion de cette énergie solaire pénètre à l'intérieur du bâtiment.

On évalue également quelle portion de l'énergie solaire contribue au chauffage de la maison sans créer de surchauffe, en utilisant une fonction ajustée en fonction de la masse thermique du bâtiment, spécifiée par l'utilisateur et en supposant que les occupants acceptent une variation de la température intérieure jusqu'à un écart de 5,5 °C par rapport au point de consigne. Pour estimer cette portion utile de l'énergie solaire, on tient compte également du rapport entre l'énergie solaire qui entre dans la maison chaque mois, et la charge nette de chauffage de la maison pour ce même mois.

Ensuite, pour chaque mois, on calcule la différence entre les besoins de chauffage du bâtiment de référence et ceux du bâtiment proposé. Cette différence donne les économies d'énergie apportées par une meilleure conception solaire passive. Les besoins de chauffage sont calculés en déduisant les gains internes et les gains solaires utiles de la charge de chauffage due aux déperditions thermiques du bâtiment.

ACÉTATE 13 : **Calcul RETScreen® chauffage solaire passif (suite)**

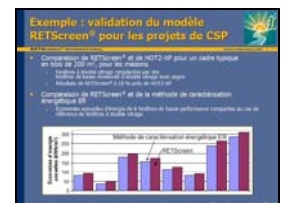
Le même type de calculs est appliqué aux besoins de climatisation. On calcule d'abord les besoins de climatisation du bâtiment de référence en se basant sur un point de consigne de 25 °C. Les modifications dans les gains solaires des fenêtres du cas proposé constituent l'essentiel des économies réalisées. On considère comme négligeable la baisse de la charge de climatisation due à la plus forte résistance thermique des fenêtres à haut rendement. La fonction qui a été utilisée pour évaluer quelle portion des gains solaires contribuent à réduire les besoins de chauffage de la maison, sans créer de surchauffe, est maintenant utilisée pour évaluer quelle portion des gains solaires créeront justement de la surchauffe, c'est-à-dire une surcharge de climatisation. C'est la comparaison entre les surcharges de climatisation dues aux gains solaires entre les cas proposés et de référence qui établit les économies en besoins de climatisation.

On détermine finalement les changements dans les demandes de pointe en chauffage en climatisation. La puissance de pointe en chauffage est obtenue comme le produit du coefficient de déperditions thermiques du bâtiment et de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, avec 21 °C comme température intérieure et la température de conception en chauffage du site, c'est-à-dire la température la plus basse au-dessus de laquelle se maintient la température extérieure pendant 95 % des heures de la saison de chauffage. La puissance de pointe en climatisation est calculée de la même manière mais avec une température intérieure de 25 °C et en ajoutant les gains solaires dans le bilan. Les charges de déshumidification ne sont pas calculées car elles sont considérées égales dans le cas de référence comme dans le cas proposé.

ACÉTATE 14 : **Exemple: validation du modèle RETScreen® pour les projets de CSP**

Le modèle RETScreen pour projets de chauffage solaire passif a été validé de 2 façons. On a d'abord comparé les résultats de RETScreen à ceux du modèle HOT2-XP de simulation énergétique de résidences. On a utilisé une maison canadienne typique comme cas d'étude et on a évalué l'impact de l'utilisation de fenêtres à haut rendement selon les 2 modèles. Les fenêtres de référence étaient en bois avec double vitrage rempli à l'air et intercalaire métallique. Les fenêtres à haut rendement proposées sont en fibre de verre avec double vitrage rempli à l'argon, revêtement à basse émissivité et intercalaire isolant. Les économies d'énergie apportées par ces fenêtres, prédites par RETScreen, ont été 18 % inférieures à celles prédites par HOT2-XP.

Une deuxième évaluation a consisté à utiliser RETScreen pour évaluer les économies d'énergie apportées par 8 modèles différents de fenêtres en comparaison de fenêtres standard à double vitrage, d'un modèle bon marché. Les 8 types de fenêtres ont été classés en fonction des économies annuelles qu'elles procurent. On a alors comparé ce classement des résultats à ceux du standard canadien de certification du rendement énergétique des fenêtres (Energy Rating Method) qui utilise des simulations horaires pour établir ces résultats. On voit sur la figure que ces 2 méthodes donnent des résultats très proches.

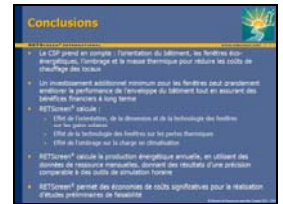


Acétate 14

ACÉTATE 15 : **Conclusions**

Le chauffage solaire passif fait appel à un ensemble de technologies utilisées dans le bâtiment et à des techniques de conception qui permettent d'optimiser les gains solaires apportés par les fenêtres. Ces techniques comprennent l'orientation optimale du bâtiment, la répartition des fenêtres sur les différentes façades, le choix du type de fenêtres, l'utilisation de dispositifs d'ombrage permettant de contrôler les surchauffes en été et de masses thermiques suffisantes pour obtenir les surchauffes et restituer l'énergie le soir. On peut améliorer considérablement le rendement énergétique d'un bâtiment en conception, ou lors du remplacement de fenêtres vétustes, en installant des fenêtres à haut rendement plutôt que des fenêtres ordinaires à double vitrage. Un léger surcoût à l'investissement dans les fenêtres à haut rendement permet de récolter des bénéfices à long terme sous forme de frais réduits de chauffage et de climatisation..

Le modèle RETScreen<sup>®</sup> évalue le surcoût de telles fenêtres et les économies annuelles qu'elles génèrent. Pour un niveau de masse thermique associé à une construction résidentielle légère conventionnelle, il évalue l'influence de l'orientation du bâtiment, de l'orientation et de la taille des fenêtres, du type de fenêtre et de vitrage sur les gains solaires d'un bâtiment. Le modèle évalue également l'influence du type de fenêtre et de vitrage sur les déperditions thermiques de l'enveloppe du bâtiment, et l'influence de dispositifs d'ombrage sur les besoins de climatisation. Les économies annuelles d'énergie sont calculées à partir de moyennes mensuelles de température et d'ensoleillement. Même à partir d'un nombre aussi restreint de données, RETScreen<sup>®</sup> donne des résultats dont la précision est comparable à celle de logiciels de simulation horaire plus complexes. RETScreen<sup>®</sup> est donc un outil qui permet de réaliser à moindre coût des études préliminaires de la faisabilité d'optimiser le chauffage solaire passif d'un bâtiment.



Acétate 15

ACÉTATE 16 : **Questions?**

Voici la fin du module de formation *Analyse de projets de chauffage solaire passif* du cours d'analyse de projets d'énergies propres de RETScreen International.



Acétate 16