



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 DE L'EAU

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.

Support à la clientèle
RETScreen®

www.retscreen.net
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:



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.

ACÉTATE 1 : Analyse de projets de chauffage solaire de l'eau

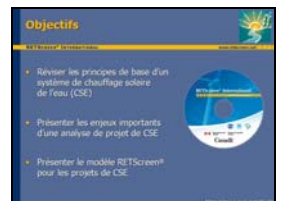
Ceci est le module de formation *Analyse de projets de chauffage solaire de l'eau* du cours d'analyse de projets d'énergies propres de RETScreen International. Dans cette présentation, nous examinerons l'exploitation de l'énergie solaire pour chauffer de l'eau comme ceux que l'on voit sur cette photo. Il s'agit de capteurs plans, vitrés, installés en Ontario, au Canada.



Acétate 1

ACÉTATE 2 : Objectifs

Ce module vise 3 objectifs: le premier est de passer en revue les principes fondamentaux d'un chauffe-eau solaire; le deuxième de vous présenter quels peuvent être les éléments essentiels à considérer dans une étude d'implantation d'un tel système; et le troisième de vous présenter le modèle RETScreen® International pour chauffage solaire de l'eau (CSE).



Acétate 2

ACÉTATE 3 : Qu'est-ce que les systèmes de CSE fournissent?

Un chauffe-eau solaire utilise l'énergie solaire pour chauffer de l'eau et peut ainsi combler toutes sortes de besoins en eau chaude, en autant que ces besoins soient modérés. Des systèmes intégrés, prêts à être installés, permettent de répondre aux applications résidentielles. Des systèmes conçus sur mesure avec de plus grandes surfaces de capteurs combleront des besoins plus importants pour des immeubles résidentiels, des restaurants, des hôtels, des motels, des hôpitaux ou des installations sportives. Ils s'adapteront également à certains procédés du secteur commercial ou industriel léger comme les lave-auto, les buanderies ou la pisciculture. Enfin, un usage souvent très rentable de l'énergie solaire est le chauffage des piscines.



Acétate 3



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada



ACÉTATE 3 : Qu'est-ce que les systèmes de CSE fournissent? (suite)

En plus des économies d'énergie, un système solaire peut offrir d'autres avantages comme de devancer et de prolonger sans frais la saison de baignade, dans le cas d'un chauffe-piscine solaire, ou encore d'offrir une plus grosse réserve d'eau chaude. En effet, comme l'ensoleillement n'est jamais garanti au moment où il y aura des besoins d'eau chaude, on utilisera généralement un réservoir dédié au stockage de l'énergie solaire. Cette réserve supplémentaire, ajoutée au chauffe-eau classique, augmente le niveau de confort et la garantie de fourniture d'eau chaude.

Les chauffe-piscines, quant à eux, permettent de devancer et de prolonger la saison d'utilisation d'une piscine en exploitant l'énergie solaire disponible à certaines périodes trop fraîches pour pouvoir profiter d'une piscine qui ne serait pas chauffée.

La photo du haut montre un centre de conférence à Bétel au Lesotho dans le Sud de l'Afrique. On voit sur le toit les capteurs solaires noirs et les 2 réservoirs de stockage de l'eau chaude. Ce bâtiment intègre d'autres caractéristiques d'utilisation de l'énergie solaire permettant de bénéficier de l'éclairage naturel et d'électricité d'origine photovoltaïque.

La photo du bas montre un développement résidentiel à Kungsbacka en Suède. Les pans de toit de couleur noire sont des capteurs solaires.

ACÉTATE 4 : Composants d'un système de CSE

Il existe plusieurs configurations de chauffe-eau solaires et les composants utilisés peuvent être différents d'un projet à un autre. Nous allons présenter un système dont la configuration utilisera la plupart des composants que l'on pourra retrouver dans un chauffe-eau solaire.

Trois fonctions principales sont réunies dans un chauffe-eau solaire: la collecte de l'énergie solaire, le transfert de l'énergie thermique captée puis son stockage sous forme d'eau chaude. La première fonction est assurée par les capteurs solaires que l'on voit en haut à gauche de ce dessin et dans lesquels circule un fluide thermique, le plus souvent de l'eau ou un mélange antigel. Le fluide thermique circule à travers un échangeur de chaleur et cède sa chaleur à l'eau que l'on veut échauffer. Cette dernière est stockée dans un réservoir de préchauffage, à droite de l'échangeur de chaleur et permettra de répondre aux besoins d'eau chaude sanitaire, même pendant des périodes sans ensoleillement pouvant durer quelques jours.

Les zones de couleur à dominante rouge ou bleue illustrent le phénomène de stratification des températures dans un réservoir d'eau chaude; celle-ci s'accumule d'abord dans le haut du réservoir. L'eau froide, plus lourde, demeure naturellement dans le fond du réservoir avant d'être échauffée. C'est pourquoi on alimente un chauffe-eau en eau froide par le bas, et que l'on soutire l'eau chaude par le haut. L'eau est soutirée du réservoir de préchauffage solaire et sert à alimenter le chauffe-eau classique qui permet de compléter au besoin l'apport de chaleur pour garantir la fourniture d'eau chaude sanitaire à la température désirée.



Acétate 4

ACÉTATE 4 : Composants d'un système de CSE (suite)

Dans la configuration présentée ici, l'échange de chaleur entre le fluide de la boucle solaire et l'eau du réservoir de préchauffage se fait par convection naturelle. Le phénomène de thermosiphon par lequel l'eau s'élève en s'échauffant pour être remplacée par l'eau froide, plus lourde, du fond du réservoir, évite ainsi l'usage d'une pompe circulatrice. L'eau chauffée à l'énergie solaire s'accumule d'abord dans le haut du réservoir de préchauffage. Le fluide de la boucle solaire circule en sens inverse pour augmenter l'efficacité de l'échangeur de chaleur et retourner à la plus basse température possible vers les capteurs solaires qui ont alors moins de pertes thermiques et ont un meilleur rendement.

La boucle solaire est complètement séparée de l'eau chaude sanitaire et le fluide solaire y circule en boucle fermée. Cela permet d'utiliser un mélange antigel comme fluide thermique. Pour protéger le fluide solaire contre le gel et les surchauffes à l'arrêt, on peut concevoir une boucle à retour par gravité. À l'arrêt de la pompe, le fluide contenu dans les capteurs solaires et à l'extérieur du bâtiment peut retourner dans un réservoir tampon situé à un niveau inférieur. Durant les périodes de gel, le système n'est pas en opération et toute l'eau est drainée du capteur. Le système illustré ici montre une pompe circulatrice alimentée par un module photovoltaïque qui sert donc en même temps de système de contrôle puisque s'il y a assez d'électricité pour activer la pompe, c'est qu'il y a aussi assez d'ensoleillement pour produire de la chaleur.

ACÉTATE 5 : Capteurs solaires sans vitrage

Il existe différents types de capteurs solaires. Les plus simples et les moins coûteux sont les capteurs sans vitrage. Un panneau de matière plastique noire formant de multiples fines tubulures parallèles est étendu entre 2 tuyaux collecteurs, l'un servant d'alimentation, l'autre de retour du capteur solaire. L'eau qui circule dans les fines tubulures se trouve en contact avec la surface du panneau exposé au soleil et s'échauffe.



Acétate 5

Comme il n'y a pas de vitrage, l'ensoleillement atteint directement la surface absorbante du capteur solaire qui a donc un excellent rendement énergétique. Cependant, dès que la température de ce capteur s'élève, ses pertes thermiques sont également très importantes car rien n'empêche les pertes par radiation, ni par convection ni même par conduction à l'arrière du capteur solaire. Les pertes thermiques seront d'autant plus importantes que le capteur solaire travaille à une température plus élevée par rapport à la température ambiante et qu'il y a du vent. Pour ces raisons les capteurs sans vitrages seront utilisés dans des applications à basse température ou à usage saisonnier, par exemple en pisciculture ou pour le chauffage des piscines.

Les capteurs sans vitrage ont plusieurs avantages, à commencer par leur faible coût, leur rusticité, leur légèreté et leur durabilité. Il s'agit des capteurs solaires les moins chers que l'on puisse utiliser. C'est pourquoi il s'agit du type de capteur le plus répandu en Amérique du Nord pour utiliser l'énergie solaire afin de chauffer les piscines.

Comme ces capteurs sont en matière plastique, ce ne sont pas tous les modèles qui peuvent être raccordés directement au réseau d'eau d'une maison pour produire de l'eau chaude car la pression d'eau pourrait les endommager. Pour de telles utilisations, il faut bien se renseigner auprès du fabricant sur les spécifications de son produit. En revanche, ces capteurs sont tout à fait conçus pour pouvoir être branchés directement sur le circuit de filtration d'une piscine.

ACÉTATE 5 : Capteurs solaires sans vitrage (suite)

La matière plastique de ces capteurs solaires est traitée pour résister aux ultraviolets et c'est pourquoi des garanties de 10 à 15 ans sont souvent offertes par les fabricants.

Ces capteurs viennent en assez grandes dimensions, typiquement 1,5 m de large par 2,5 m de long et sont munis de connecteurs pour pouvoir former facilement de plus grandes surfaces de collecte de l'énergie solaire.

ACÉTATE 6 : Capteurs solaires plans avec vitrage

Les capteurs solaires à vitrage permettent d'améliorer certaines performances des capteurs plans sans vitrage, notamment pour obtenir des températures un peu plus élevées. De l'isolation thermique à l'arrière de l'absorbeur et un vitrage, simple ou double, du côté ensoleillé, réduisent les déperditions thermiques et permettent au capteur solaire de produire des températures plus élevées et de fonctionner par temps plus froid. Le réseau de tuyauterie dans lequel circule le fluide thermique est généralement en cuivre et peut supporter des niveaux de pressions élevés d'un réseau d'eau.

Cette tuyauterie est en contact thermique avec la surface absorbante du capteur solaire, généralement métallique avec un revêtement sélectif, c'est-à-dire un revêtement qui absorbe très bien tout le spectre de la lumière du soleil mais qui réémet très peu de chaleur par radiation dans la gamme de température d'utilisation du capteur solaire.

Ces performances ont un coût: ces capteurs solaires coûtent de 2 à 3 fois plus chères par unité de surface que les capteurs sans vitrage. Ils sont aussi beaucoup plus lourds et plus fragiles, ce qui complique leur installation.



Acétate 6

ACÉTATE 7 : Capteurs solaires à tubes sous vide

Il s'agit des capteurs solaires ayant les plus faibles déperditions thermiques. Cette performance est due au vide qui entoure la surface absorbante et élimine les échanges de chaleur par convection, comme dans une bouteille Thermos®. De plus, si la surface absorbante est sélective et qu'elle ne touche pas au verre, ces capteurs solaires ont aussi très peu de pertes par conduction et par radiation. C'est pourquoi, dès qu'il y a de l'ensoleillement, ils sont capables de travailler à des niveaux de température pouvant dépasser 80 °C, même par temps très froid, bien en dessous du point de congélation.

Pour optimiser les coûts de fabrication et avoir des tubes de dimensions faciles à manipuler, l'absorbeur se présente sous la forme d'une longue bande étroite. Les capteurs de dernière génération utilisent généralement un caloduc pour extraire l'énergie solaire de l'intérieur du tube scellé sous vide. Ce caloduc contient une petite quantité de fluide qui s'évapore en absorbant la chaleur produite par l'absorbeur. À son autre extrémité, à l'extérieur du capteur, on vient mettre le caloduc en contact thermique avec le fluide que l'on désire chauffer. On refroidit alors la vapeur contenue dans le caloduc et celle-ci se condense en libérant de la chaleur. Le liquide retourne alors en direction de la surface absorbante et le cycle se répète en continu.

Comme la surface absorbante a des dimensions limitées, on raccorde plusieurs capteurs tubulaires en parallèle et un capteur solaire en comprend généralement plusieurs. Tout comme les capteurs plans vitrés, les capteurs solaires à tubes sous vide sont délicats à manipuler et demandent de l'attention au moment de leur installation.



Acétate 7

ACÉTATE 7 : **Capteurs solaires à tubes sous vide (suite)**

Les capteurs solaires à tubes sous vide sont les plus chers du marché, mais il s'agit de la technologie la plus efficace pour produire de l'eau très chaude ou pour être utilisée en climat très froid, toute l'année. On peut également exploiter la forme tubulaire de ces capteurs en laissant suffisamment d'espace entre eux pour éviter les problèmes d'accumulation de neige. Cependant, dans les climats doux, lorsque l'on n'a besoin que d'eau chaude à une température modérée ou même à basse température comme pour le chauffage des piscines, de simples capteurs plans avec ou sans vitrage peuvent offrir un meilleur rendement.

ACÉTATE 8 : **Le chauffage solaire de l'eau sous différents climats**

La quantité d'eau chaude que pourra produire un système solaire au cours d'une année ne dépend pas seulement du niveau d'ensoleillement mais aussi de la température de l'eau froide, de la température désirée d'eau chaude et de la température ambiante qui ont une influence sur les déperditions thermiques du capteur solaire. De plus, il faut tenir compte du fait qu'une partie de ce potentiel peut être inutilisée si une partie des apports solaires survient alors que l'on a atteint la capacité maximale de stockage d'eau chaude. Si les conditions climatiques ont un rôle important dans les performances d'un système solaire, il faut également bien évaluer les besoins de stockage d'un chauffe-eau solaire.

Dans ce tableau, on montre les performances qui pourraient être obtenues d'un même chauffe-eau solaire qui serait installé dans différentes régions du monde. Ce chauffe-eau comprend 6 m² de capteurs plans vitrés et un réservoir de 300 L, capable de stocker un volume d'eau chaude équivalent aux besoins d'une journée. Il s'agit d'un système typique pour répondre aux besoins d'eau chaude sanitaire d'une famille avec enfants en Europe ou en Amérique du Nord. On considère que ces besoins sont à une température de 60 °C.

Selon les régions où il sera installé, un tel système solaire pourra couvrir de 20 à 85 % des besoins annuels d'énergie nécessaire à la production d'eau chaude sanitaire. Le complément d'énergie est apporté par un chauffe-eau auxiliaire utilisant une énergie classique.

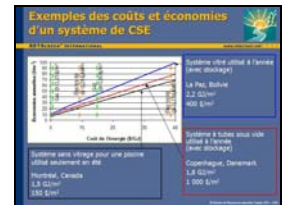
La tendance est dans le sens où les pays les plus tropicaux donnent le plus fort pourcentage d'énergie solaire. Cependant, certaines régions sont plus nuageuses et offrent de moins bonnes performances que des régions plus nordiques. On peut citer Varsovie et Tokyo comme étant dans cette situation, alors que des régions de climat nordique comme Yellowknife au Canada permettent d'obtenir, grâce à leur temps sec et ensoleillé, d'aussi bonnes performances que Varsovie, bien plus au sud et Punta Arenas au Chili. De même, les régions équatoriales comme Jakarta en Indonésie ou Puerto Limon au Costa Rica, donnent de moins bonnes performances que les régions tropicales de climat sec et ensoleillé.



Acétate 8

ACÉTATE 9 : Exemples des coûts et économies d'un système de CSE

Les coûts d'un système solaire et les économies qu'il génère annuellement dépendent du type de système, des conditions climatiques de la région où il est installé et du coût des sources classiques d'énergie qu'il déplace. La figure suivante illustre 3 exemples d'installation. Le premier système utilise un stockage et des capteurs plans vitrés à LaPaz en Bolivie. Il est utilisé toute l'année et produit environ 2,2 GJ ou 610 kWh de chaleur utile par an et par m² de capteur solaire. Le coût du système installé est équivalent à 400 \$ du m² de capteur solaire.



Acétate 9

Un deuxième exemple est celui d'un système utilisant des tubes sous vide à Copenhague au Danemark, utilisé toute l'année avec un réservoir de stockage. Son coût installé est équivalent à 1 000 \$ par 1 m² de capteur solaire qui produit annuellement 1,8 GJ ou 500 kWh de chaleur utile.

Le dernier exemple est celui d'un chauffe-piscine solaire utilisant des capteurs sans vitrage et qui n'a pas besoin d'un stockage autre que la piscine elle-même. Utilisé en été seulement, ce système produit dans la région de Montréal, au Québec, une quantité annuelle d'énergie de 1,5 GJ ou 420 kWh par m² de capteur solaire alors que le coût du système est de 150 \$ du m².

La valeur de la production annuelle d'énergie de ces 3 systèmes est représentée en fonction du coût de l'énergie classique dont ils évitent la consommation. Plus ce dernier est élevé, plus les économies générées annuellement seront élevées. Les lignes verticales discontinues délimitent les plages de coût du gaz naturel dont le prix se situerait entre 15 ¢ et 50 ¢ du m³ et de l'électricité dont le prix varierait entre 5 ¢ et 15 ¢ le kWh.

Malgré son très faible coût et son utilisation en été seulement, les économies annuelles générées par un chauffe-piscine se comparent avantageusement à celles de chauffe-eau plus complexes et plus chers. Pour des applications à basse température et un usage saisonnier, les capteurs solaires sans vitrage sont une option très intéressante.

Cette figure indique l'importance du coût de l'énergie classique qui est déplacé dans l'évaluation de la viabilité financière d'un système solaire. Lorsque l'on dispose d'une source d'énergie classique à bas coût, il faut évaluer avec attention la rentabilité d'une installation solaire.

ACÉTATE 10 : Enjeux d'un projet de chauffage solaire de l'eau

Plusieurs conditions pourront permettre de faire un succès d'une installation de chauffage solaire de l'eau.

D'abord, une demande importante en eau chaude, ce qui permet de mieux amortir les coûts fixes d'une installation solaire.

Deuxièmement, comme on l'a vu précédemment, un coût élevé des sources classiques d'énergie rendra l'installation solaire plus intéressante au plan financier.

Troisièmement, un approvisionnement en énergie classique peu fiable, ce qui donne une valeur ajoutée au fait de disposer d'une autre source d'énergie, le soleil, et d'une plus importante réserve d'eau chaude qui retardera la probabilité d'un manque d'eau chaude.

Enfin, le propriétaire ou l'utilisateur d'un système solaire devra avoir la volonté de lui accorder une certaine valeur pour ses avantages au niveau de la protection de l'environnement en plus des simples économies d'énergie qu'il génère.



Acétate 10



ACÉTATE 10 : **Enjeux d'un projet de chauffage solaire de l'eau (suite)**

Le volume de stockage nécessaire à un chauffe-eau solaire dépend de plusieurs facteurs dont la corrélation entre les besoins d'eau chaude et les heures d'ensoleillement. Si la plupart des besoins d'eau chaude se situe en soirée et en début de matinée, il faudra une réserve d'eau plus importante.

Comme on l'a vu précédemment, des systèmes solaires à bas coûts, utilisés uniquement pendant la saison où la température est au-dessus du point de congélation et où l'ensoleillement est le plus important, peuvent être une solution plus rentable que l'installation d'un système plus coûteux, capable de fonctionner toute l'année.

L'utilisateur d'un système solaire doit avoir la volonté et l'intérêt de bien utiliser son système et d'y accorder un peu de temps pour en contrôler le bon fonctionnement et procéder à quelques réparations éventuelles. Bien que de tels systèmes ne soient pas plus complexes que d'autres installations de plomberie, le fait qu'il y ait des composants exposés aux variations climatiques exige une attention minimale, pour prévenir d'éventuelles fuites ou autres détériorations.

ACÉTATE 11 : **Systèmes d'eau chaude sanitaire**
Exemples : Australie, Botswana et Suède

Lorsque l'on installe un chauffe-eau solaire sur des résidences qui ont accès à un réseau d'approvisionnement classique en énergie, c'est que leurs propriétaires ont exprimé la volonté de bénéficier de cette source renouvelable d'énergie. En effet, même si on peut couvrir de 20 à 80 % de ses besoins d'eau chaude avec l'énergie solaire, les temps de retour simple sur investissement seront longs si les coûts de l'énergie classique sont peu élevés.

La photo en bas à gauche montre 2 maisons équipées d'un chauffe-eau solaire, installé sur leur toit à Malmö en Suède. Dans ce climat nordique, les capteurs solaires permettent de combler près de 40 % des besoins d'eau chaude.

Les chauffe-eau solaires ont un attrait supplémentaire lorsque l'on a des difficultés à avoir accès à une source fiable et bon marché d'énergie classique. C'est le cas des résidences isolées, comme celle de la photo en bas à droite, qui permet de loger le personnel d'un dispensaire médical d'une région rurale du Botswana. Un chauffe-eau solaire sans pompe (système de type thermosiphon) et un système photovoltaïque fournissent de l'eau chaude et de l'électricité, 2 éléments essentiels de confort qui permettent d'attirer du personnel compétent dans cette région reculée.

La photo en haut à droite montre un chauffe-eau solaire australien utilisant le principe du thermosiphon. C'est un système du même type que celui que l'on voit sur la maison au Botswana. Le principe du thermosiphon évite l'utilisation d'une pompe, ce qui permet un fonctionnement sans électricité ni système de contrôle. Lorsqu'il y a du soleil, l'eau, en s'échauffant, se met en circulation à travers le capteur solaire. L'eau chaude s'accumule dans le haut du réservoir placé en hauteur pour être remplacé par l'eau plus froide du fond du réservoir.



Acétate 11

ACÉTATE 12 : Systèmes de chauffage de piscine
Exemples : États-Unis et Canada

De nombreuses piscines sont chauffées au moyen de capteurs solaires sans vitrage. Ces capteurs bon marché peuvent être installés dans des régions connaissant des hivers froids car ils ne sont utilisés qu'en été. Ils sont également utilisés dans les régions plus chaudes afin de prolonger la saison de baignade.

Ces installations peuvent être très avantageuses au plan financier avec des temps de retour simple sur investissement de 1 à 5 ans. La photo de droite montre un chauffe-piscine résidentiel aux États-Unis.

On peut également utiliser des capteurs plans avec vitrage pour chauffer une piscine intérieure dans les climats froids, ce qui permet de bénéficier de l'énergie solaire pendant toute l'année. La photo de gauche montre une telle installation, d'assez grande envergure, pour assurer le chauffage de l'eau d'une piscine intérieure en Ontario au Canada.

Avec les chauffe-piscines, on utilise la masse thermique de la piscine elle-même comme stockage d'énergie solaire. Un autre avantage est que dans la plupart des cas, c'est la même pompe que celle du système de filtration, qui suffit à faire circuler l'eau dans la boucle solaire.



Acétate 12

ACÉTATE 13 : Systèmes commerciaux et industriels d'eau chaude
Exemples : Grèce et Canada

De nombreuses activités commerciales ou industrielles ont d'importants besoins d'eau chaude. Les chauffe-eau solaires peuvent être très intéressants pour répondre aux besoins d'hôtels, de motels, d'immeubles résidentiels ou de bureaux, mais également d'hôpitaux, de lave-auto, de buanderies, de restaurants, d'installations sportives, d'écoles, de douches publiques ou de petites industries comme des fermes piscicoles.

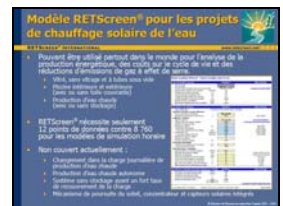
La photo de gauche montre un complexe hôtelier sur l'île de Crète en Grèce. Pratiquement tous les pavillons de ce complexe sont chacun équipés d'un chauffe-eau solaire. La photo de droite montre une entreprise d'agriculture en Colombie-Britannique au Canada dans laquelle on utilise des capteurs solaires sans vitrage pour réchauffer l'eau de renouvellement des bassins d'élevage d'alevins. Parce que la température désirée d'eau chaude est parfois inférieure à la température ambiante, il arrive que ces capteurs fonctionnent avec un rendement apparent supérieur à 100 %.



Acétate 13

ACÉTATE 14 : Modèle RETScreen® pour les projets de chauffage solaire de l'eau

Bien que simple, ce modèle est un outil très pratique dans le cadre d'une analyse préliminaire de la faisabilité technique et financière d'implanter un chauffe-eau solaire ou un chauffe-piscine solaire. Où qu'elle soit dans le monde, une installation peut être analysée au niveau de l'énergie produite, des coûts globaux sur la durée de vie et des réductions d'émissions de gaz à effet de serre. Le modèle permet également de calculer les besoins d'énergie correspondant à un usage donné. Dans le cas des chauffe-piscines, on peut utiliser ou non une couverture à la surface de la piscine. Dans le cas des chauffe-eau, on a le choix d'utiliser ou non un réservoir de stockage de l'eau chaude. Trois types de capteurs solaires peuvent être utilisés, les capteurs plans avec ou sans vitrage et les capteurs à tubes sous vide.



Acétate 14

ACÉTATE 14 : **Modèle RETScreen® pour les projets de chauffage solaire de l'eau (suite)**

Pour effectuer une telle analyse, l'utilisateur devra fournir la température moyenne du site, l'ensoleillement moyen quotidien au sol, la vitesse moyenne du vent et de l'humidité relative moyenne, et ce pour chacun des mois pendant lesquels le système est utilisé. Cependant, ces données sont disponibles dans une base de données météorologiques intégrée à RETScreen et couvrant le monde entier. L'utilisation de moyennes mensuelles facilite l'obtention et le traitement de ces données en comparaison des séries de 8 760 valeurs qu'il faut manipuler dans un logiciel de simulation horaire.

Bien que le modèle RETScreen puisse être appliqué dans une vaste gamme d'utilisations des chauffe-eau solaires, il y a certaines limites. D'abord, il n'est pas possible de modifier les volumes quotidiens d'eau chaude en fonction des saisons ou des mois de l'année. On ne peut pas non plus simuler des systèmes d'eau chaude sanitaire 100 % solaires sans chauffe-eau auxiliaires. Pour les systèmes d'eau chaude sanitaire sans stockage, RETScreen considère que la totalité de l'énergie solaire captée est utile. Aussi, lorsque le taux de recouvrement solaire de la charge est élevé, nous suggérons d'utiliser les résultats du modèle avec beaucoup de précaution.

C'est la même situation avec les chauffe-piscine solaires sans chauffage auxiliaire. Lorsque le taux de recouvrement solaire de la charge devient inférieur à 70 %, cela signifie que la température désirée de la piscine n'est plus toujours atteinte et les résultats doivent être interprétés avec soin. Enfin, le modèle RETScreen ne permet pas de simuler des capteurs solaires à concentrateurs ou montés sur des systèmes de suivi du soleil. Il ne permet pas non plus de simuler les capteurs solaires à réservoir intégré.

ACÉTATE 15 : **Calculs RETScreen® : chauffage solaire de l'eau**

Ce modèle calcule l'énergie produite par un système solaire au cours d'une année en utilisant des données mensuelles d'ensoleillement, de température, d'humidité relative et de vitesse du vent. Ces calculs se font sur des moyennes mensuelles et ne mettent pas en jeu de simulation horaire détaillée du comportement du système solaire. Voici un aperçu de la structure de ce modèle. Pour plus de précisions, l'utilisateur peut consulter le *Manuel d'ingénierie et d'études de cas* disponibles sans frais sur le site Internet de RETScreen®, à la rubrique e-Manuel.



Acétate 15

La première étape de calcul concerne l'ensoleillement dans le plan du capteur solaire à partir des données fournies au sol, c'est-à-dire sur un plan horizontal. Cette valeur moyenne mensuelle de l'ensoleillement quotidien est utilisée pour calculer le rendement du capteur solaire et la quantité quotidienne d'énergie solaire captée. On détermine également la température du ciel pour déterminer les pertes par rayonnement infrarouge de la surface d'eau d'une piscine et des capteurs solaires non vitrés. Le modèle calcule également la température de l'eau froide, qui conduit au calcul de la quantité d'énergie thermique nécessaire pour combler les besoins d'eau chaude ou de chauffage de la piscine.

ACÉTATE 15 : **Calculs RETScreen® : chauffage solaire de l'eau (suite)**

RETScreen calcule ensuite la quantité d'énergie solaire qui peut être captée. La méthode de calcul dépend du type de système et de l'application. Pour les chauffe-eau avec réservoir de stockage RETScreen emploie la méthode connue sous le nom de « f-chart ». Cette méthode éprouvée calcule le pourcentage des besoins d'eau chaude qui pourront être comblés par l'énergie solaire, en utilisant les résultats obtenus par de nombreuses simulations et modèles de laboratoire et qui ont permis d'élaborer des algorithmes basés sur des nombres sans dimension.

Pour les chauffe-eau sans stockage, RETScreen emploie la méthode du *potentiel d'utilisation*. Cette méthode détermine une valeur seuil du niveau de l'ensoleillement en dessous de laquelle on ne peut pas avoir de gains solaires quand on tient compte des déperditions thermiques des capteurs solaires au niveau de température auquel ils doivent fonctionner pour combler les besoins. Le potentiel d'utilisation de l'énergie solaire est la portion de l'ensoleillement incident mensuel qui est au-dessus de ce seuil minimum et pourra donc contribuer à des gains solaires.

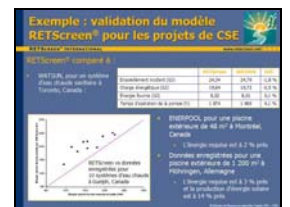
C'est cette même méthode qui est utilisée pour modéliser les chauffe-piscines. Les besoins énergétiques de la piscine sont évalués à partir des déperditions thermiques de celle-ci par évaporation, par convections, par conduction et par rayonnement, en plus des charges de chauffage dues au renouvellement de l'eau. Le modèle tient compte aussi des gains solaires passifs de la piscine, calcule l'apport des capteurs solaires et les besoins de chauffage supplémentaire pour maintenir la piscine à la température désirée.

Finalement, RETScreen procède à plusieurs autres calculs comme la surface suggérée de capteurs solaires, la consommation de la pompe de circulation, le rendement du système, sa production d'énergie par m² de capteur solaire et le taux de recouvrement solaire de la charge.

ACÉTATE 16 : **Exemple : validation du modèle RETScreen® pour les projets de CSE**

Le modèle RETScreen a été validé en le comparant à d'autres outils de simulation et aux résultats de monitoring de systèmes réels. Dans le cas des chauffe-eau, on a comparé les résultats de RETScreen à ceux du modèle WATSUN de simulation horaire. Le cas d'étude était celui d'un chauffe-eau résidentiel dans la région de Toronto au Canada, ayant une surface de 5 m² de capteur solaire et un stockage de 400 L. Le tableau en haut à droite montre les résultats obtenus avec les 2 modèles. On voit que RETScreen et WATSUN donnent des résultats identiques à quelques % près au niveau du calcul de l'ensoleillement incident dans le plan des capteurs solaires et du temps de fonctionnement de la pompe de la boucle solaire. Ces résultats sont encore plus proches au niveau des quantités annuelles d'énergie fourni par le système et correspondant à la charge d'eau chaude.

Les résultats de RETScreen ont aussi été comparés à ceux d'une dizaine de chauffe-eau solaires résidentiels de la région de Guelph en Ontario, au Canada. RETScreen a surestimé en moyenne les performances réelles de ces systèmes d'environ 29 %. Les résultats de RETScreen étaient plus proches des performances réelles des systèmes qui devaient répondre à de plus grands volumes soutirés d'eau chaude. Cependant, au niveau d'une étude de pré faisabilité, cette précision demeure acceptable.



Acétate 16



ACÉTATE 16 : **Exemple : validation du modèle RETScreen® pour les projets de CSE (suite)**

Dans le cas des chauffe-piscines, on a comparé les résultats de RETScreen à ceux du logiciel de simulation horaire ENERPOOL spécialisé dans l'analyse énergétique de piscines. Le cas d'étude était une piscine de 48 m² dans la région de Montréal, au Québec, maintenue à une température de 27 °C, dont on retire la couverture 8 h par jour et qui est utilisée de début mai à fin septembre. Les besoins de chauffage de la piscine ne diffèrent que de 2 % entre les deux modèles. La différence entre les résultats des 2 modèles au niveau de l'énergie fournie par les capteurs solaires s'explique par le fait que RETScreen considère que l'énergie solaire qui permettrait à la piscine de s'élever à une température supérieure à la température désirée est inutile alors que ENERPOOL considère la température désirée comme une température minimale souhaitée pour la piscine.

RETScreen a été également comparé aux résultats de monitoring d'une piscine de 1 200 m² à Mohringen en Allemagne, ouverte de début mai à fin septembre. RETScreen estime à 3 % près les besoins d'énergie thermique de la piscine, alors que l'évaluation de l'énergie solaire produite se situe à 14 % des valeurs mesurés. Cela confirme que la précision de ce modèle est acceptable dans le cadre d'une analyse préliminaire de faisabilité.

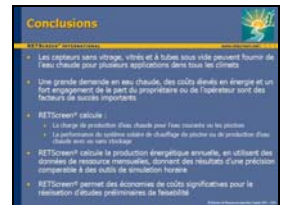
ACÉTATE 17 : **Conclusions**

Les systèmes solaires peuvent être utilisés dans tous les climats pour produire de l'eau chaude ou réchauffer de l'eau à plus basse température.

Les capteurs solaires sans vitrage sont la meilleure option quand il s'agit d'applications qui n'ont pas besoin de températures élevées, comme le chauffage des piscines, et lorsque l'utilisation se fait par temps doux comme en été. Les capteurs plans avec vitrage permettent d'atteindre des températures plus élevées même par temps froid. Les capteurs à tubes sous vide sont performants quand il s'agit de fonctionner toute l'année en climat froid et lorsqu'il faut des températures élevées d'eau chaude.

Les projets de chauffe-eau sont financièrement favorisés par des applications où les besoins d'eau chaude sont assez élevés pour justifier certains coûts fixes d'une telle installation, lorsque les coûts d'approvisionnement en énergie classique sont élevés et lorsque le propriétaire et l'utilisateur du système sont tous deux intéressés à avoir un système utilisant toujours au mieux une source renouvelable et non polluante d'énergie.

Le modèle RETScreen calcule les besoins d'énergie correspondant à une certaine charge d'eau chaude ou pour maintenir une piscine à une température donnée. Il calcule aussi l'énergie produite par un système solaire, avec ou sans stockage, pour ces applications. RETScreen réduit considérablement les coûts et les difficultés de réalisation d'une analyse préliminaire de faisabilité d'implanter un système solaire de chauffage de l'eau, en se contentant d'utiliser des données mensuelles de température, avec un niveau de précision comparable aux outils de simulation horaire.



Acétate 17

ACÉTATE 18 : **Questions?**

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



Acétate 18