

## 11. L'énergie solaire

### *11.5 – Les collecteurs aérauliques*

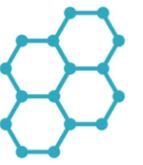
Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.

*Département de génie mécanique*

François Brizard, ing.

Tanguy Lunel, M.Sc.A.

# Question



ENR2020

- À quoi peuvent principalement et généralement servir les collecteurs thermiques aérauliques?
  - A. Chauffer de l'air neuf pour un bâtiment
  - B. Chauffer de l'eau chaude domestique
  - C. Produire de l'électricité
  - D. Sécher des récoltes
  - E. Aucune de ces réponses

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Éléments de base des systèmes et familles de systèmes
- Collecteurs pour chauffage d'air
  - Types
  - Applications
- Collecteurs pour production d'électricité – cheminées solaires
- Efficacité des collecteurs
- Conception d'un système solaire aéraulique
- Conclusion

# Plan de la présentation

- ***Introduction et objectifs de la capsule***
- Éléments de base des systèmes et familles de systèmes
- Collecteurs pour chauffage d'air
  - Types
  - Applications
- Collecteurs pour production d'électricité – cheminées solaires
- Efficacité des collecteurs
- Conception d'un système solaire aéraulique
- Conclusion

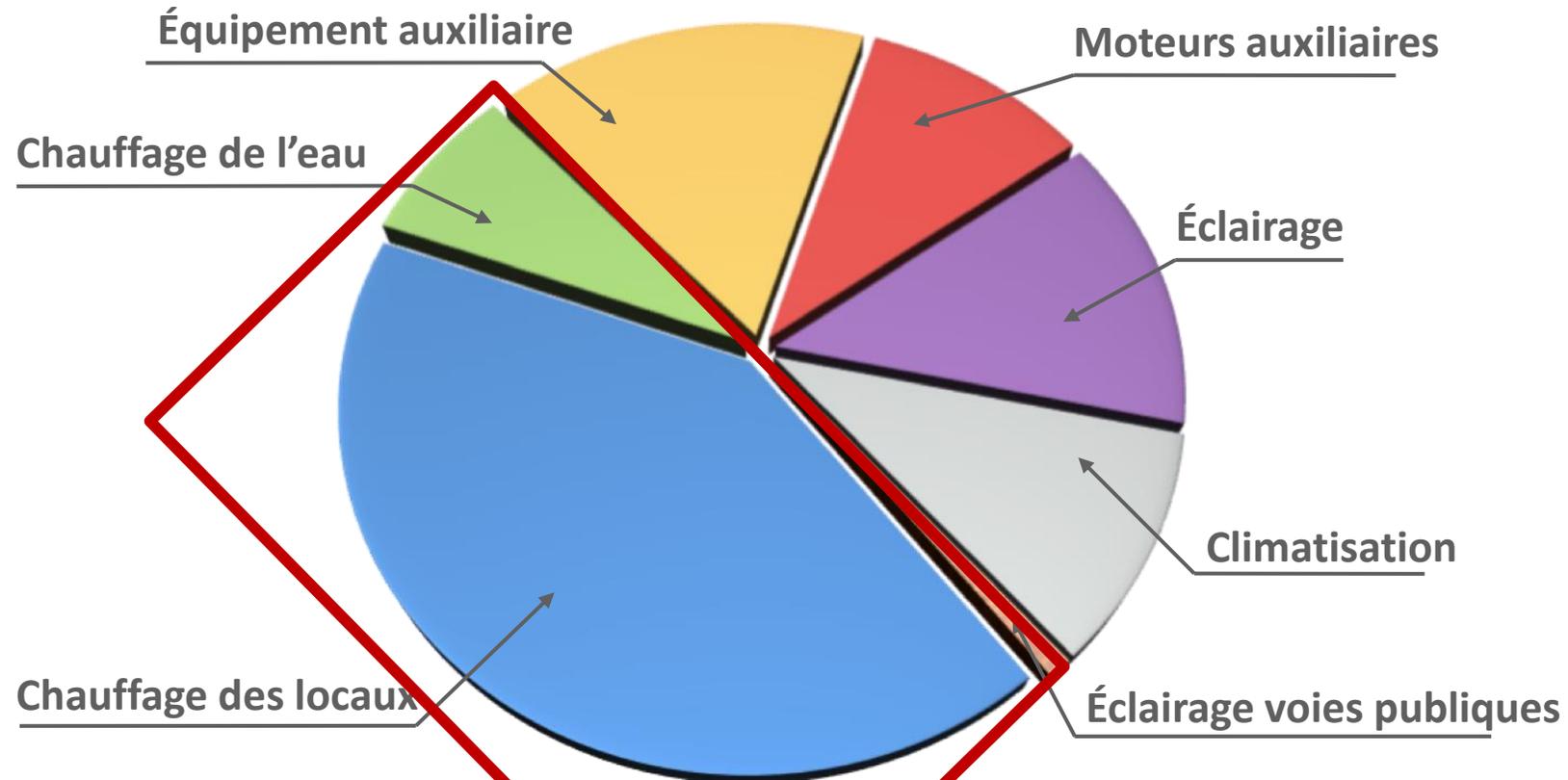
# Introduction et objectifs

- 1er brevet collecteur solaire de l'air
  - 1881 (E.S. Morse), MA, convection naturelle
- Après la seconde guerre mondiale
  - 1945 (K.W. Miller), CO, « rockbed »
- Manufacturier de fenêtres
  - 1957, CO – encore en fonction
- 1973 – Canada & USA
  - Subventions, recherche, plus de 80 cies
- 1985 – USA / 1988 – Canada
  - Programmes discontinués
- 1990-1992 – Renaissance
  - Amérique & Europe



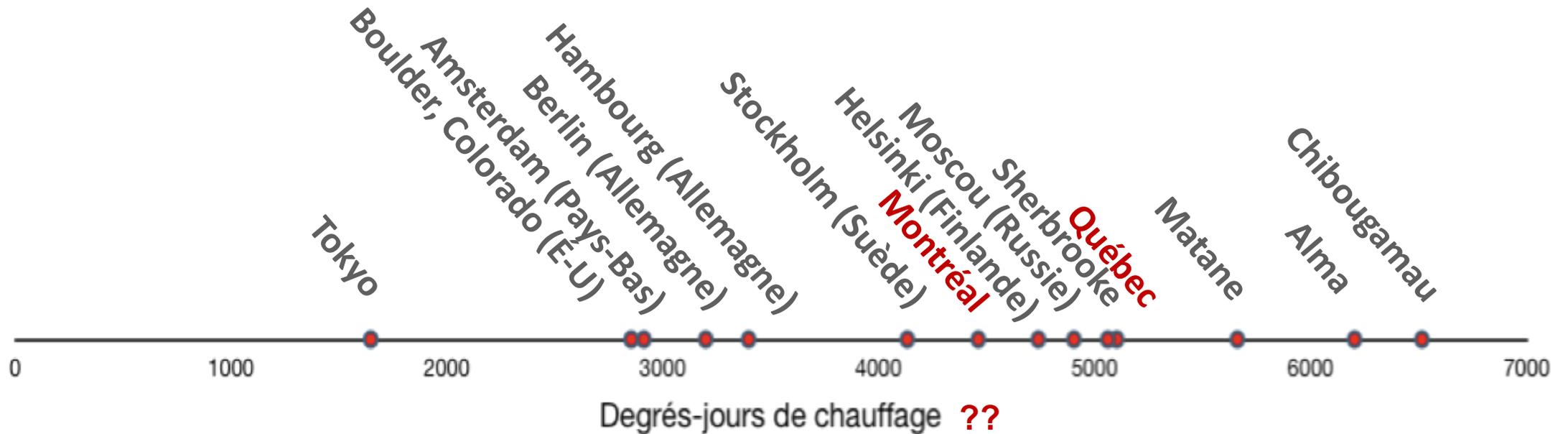
# Introduction et objectifs

## Consommation énergétique dans le secteur commercial - institutionnel



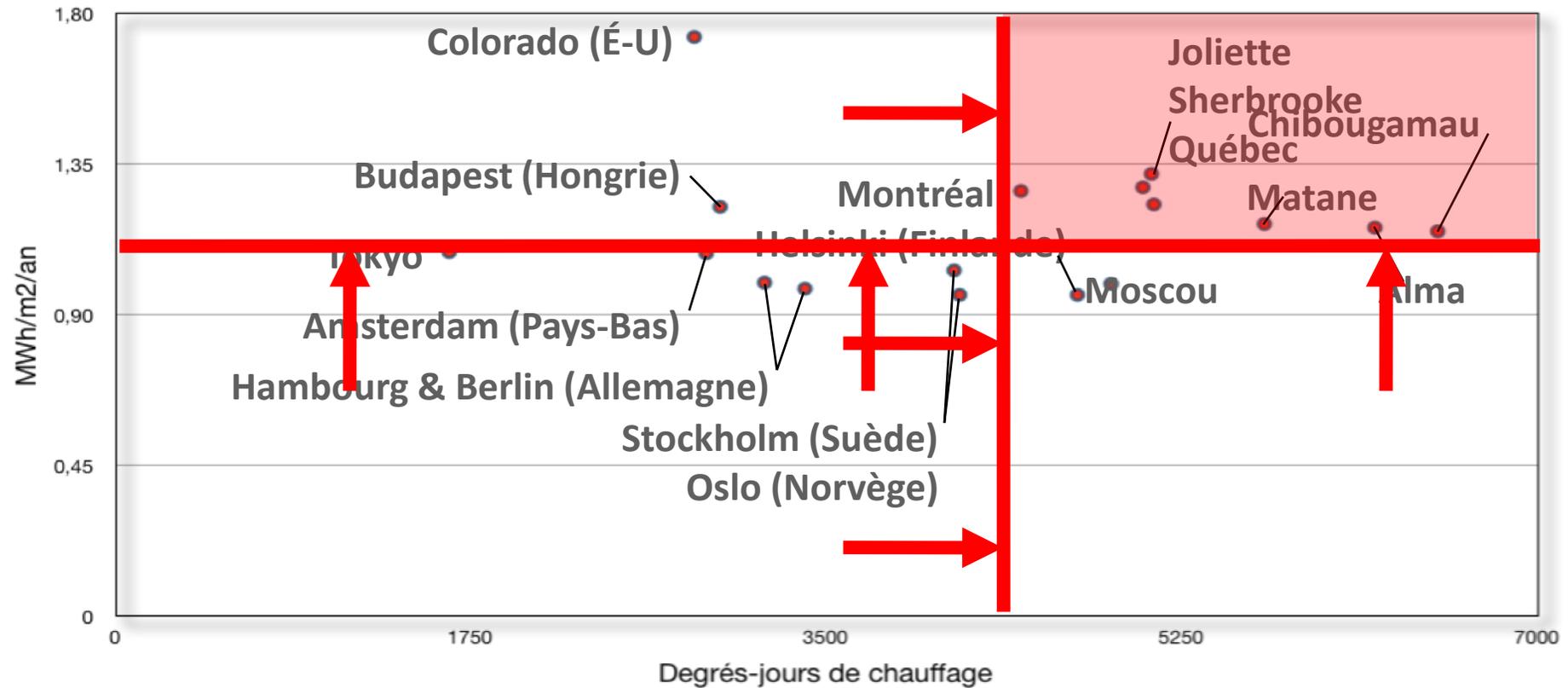
# Introduction et objectifs

## Besoin de chauffage de différentes villes et régions



# Introduction et objectifs

## Besoin de chauffage de différentes villes



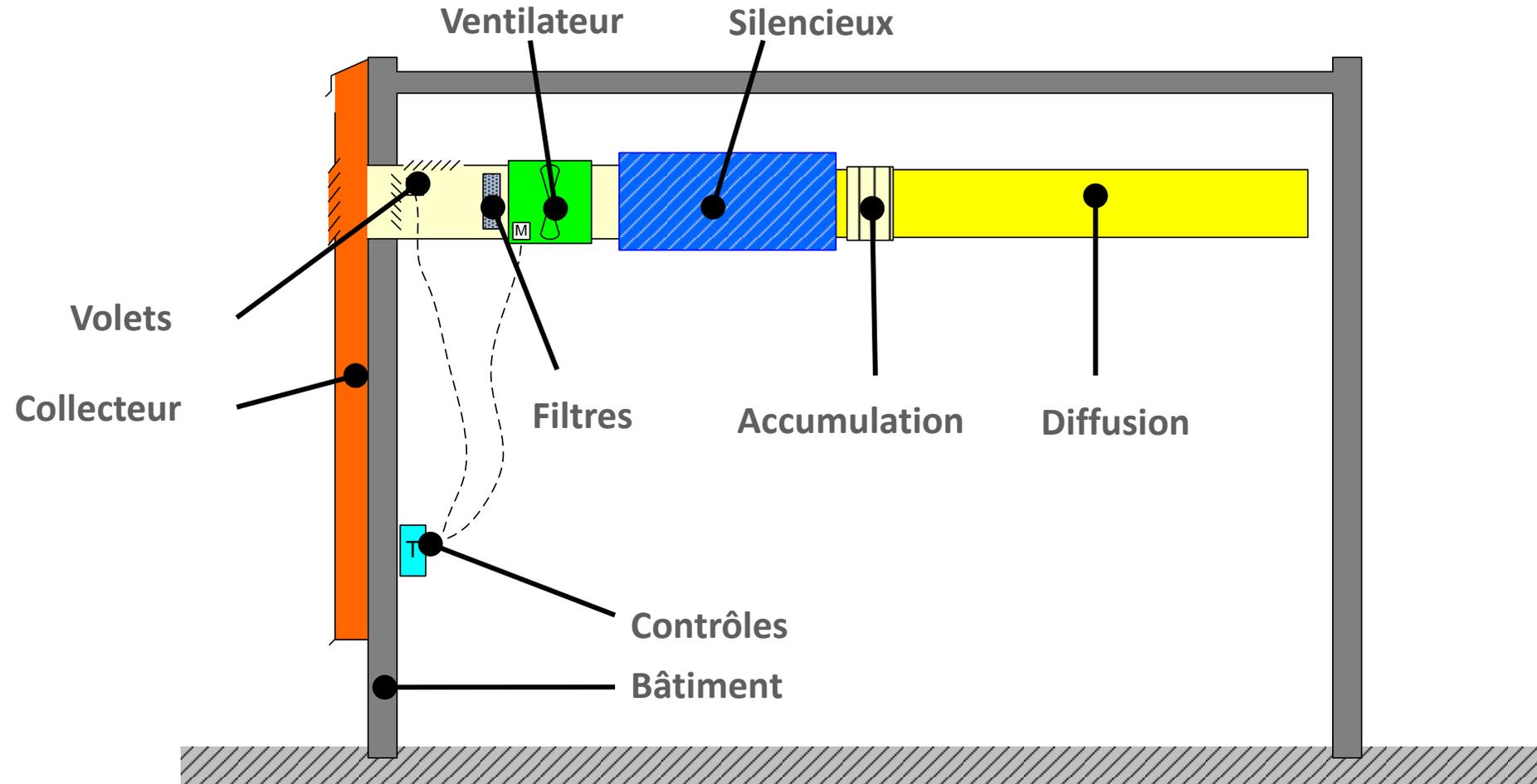
# Introduction et objectifs

- Objectifs de cette présentation :
  - Connaître les différents types de systèmes aérauliques;
  - Comprendre qualitativement le fonctionnement d'un système;
  - Comprendre les paramètres importants pour le rendement.

# Plan de la présentation

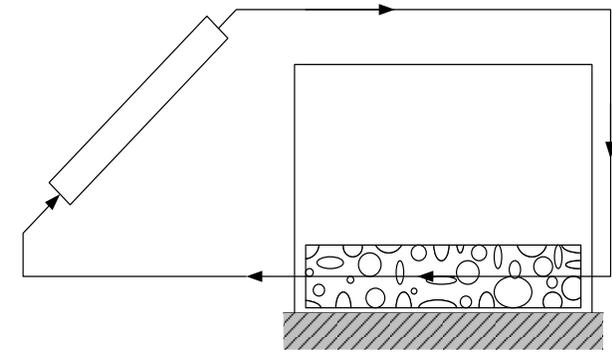
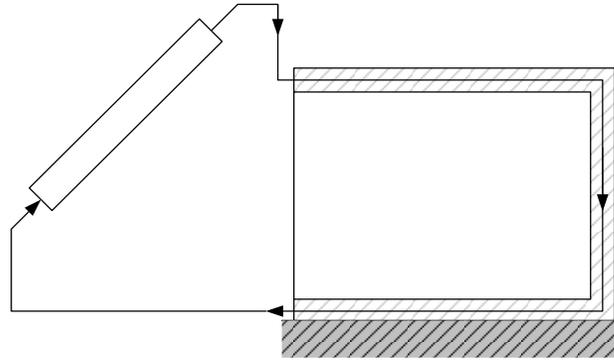
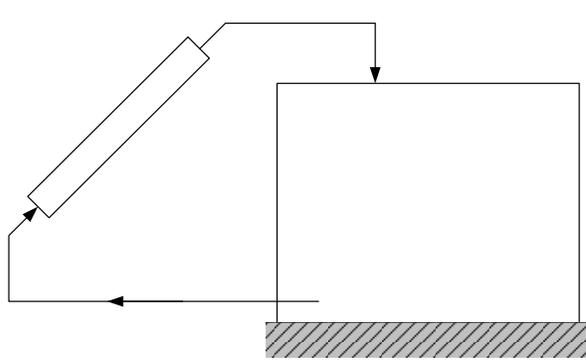
- Introduction et objectifs de la capsule
- ***Éléments de base des systèmes et familles de systèmes***
- Collecteurs pour chauffage d'air
  - Types
  - Applications
- Collecteurs pour production d'électricité – cheminées solaires
- Efficacité des collecteurs
- Conception d'un système solaire aéraulique
- Conclusion

# Éléments de base d'un système

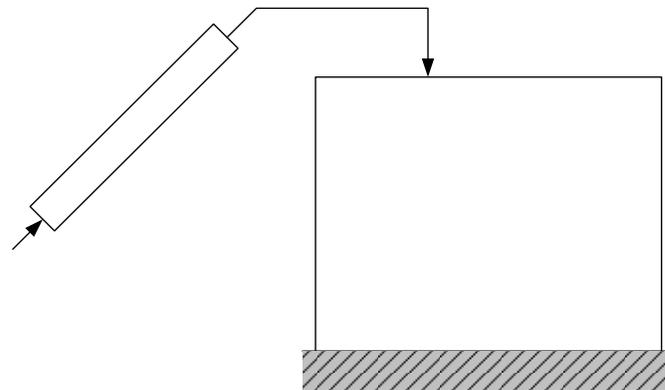


# Familles de systèmes

À boucle fermée : avec ou sans stockage thermique



À boucle ouverte :

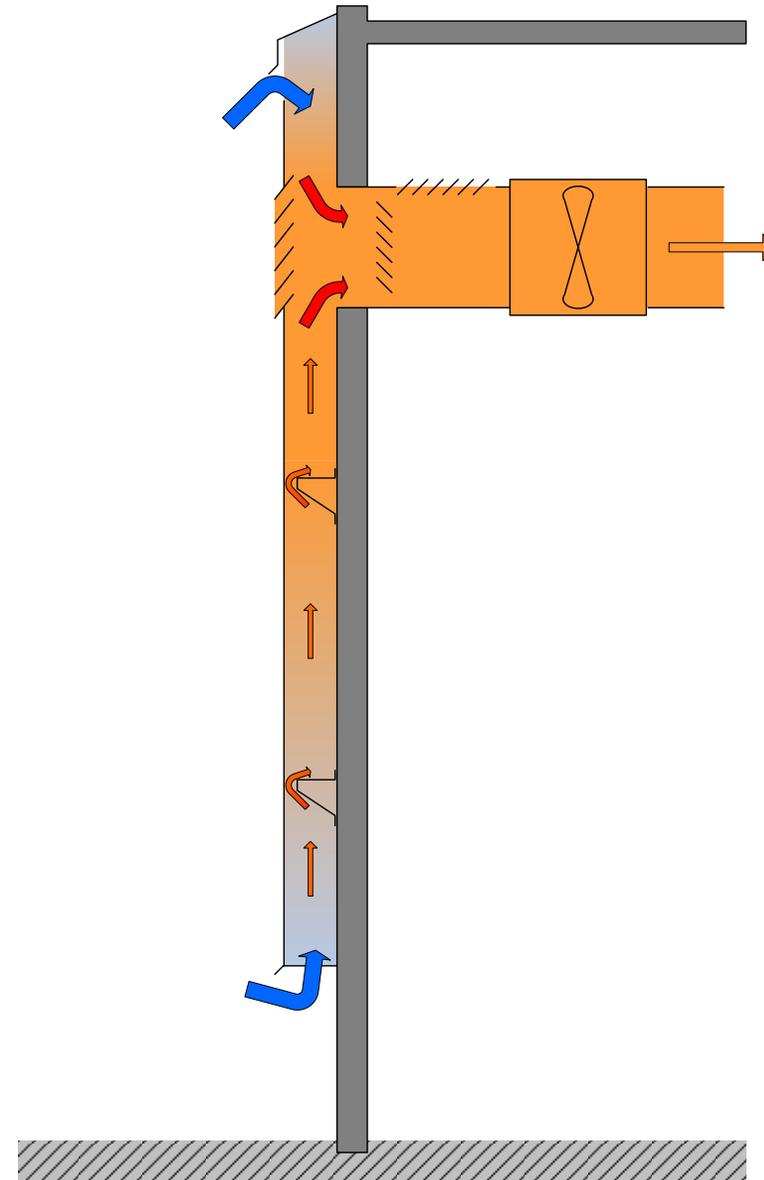


# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Éléments de base des systèmes et familles de systèmes
- **Collecteurs pour chauffage d'air**
  - *Types*
  - Applications
- Collecteurs pour production d'électricité – cheminées solaires
- Efficacité des collecteurs
- Conception d'un système solaire aéraulique
- Conclusion

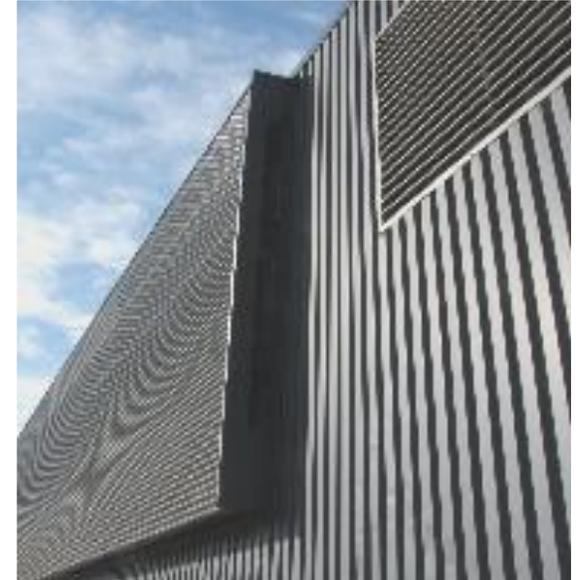
# Types de collecteurs

- Passage arrière :
  - Aussi appelé « Backpass »
  - Économique
  - Versatile



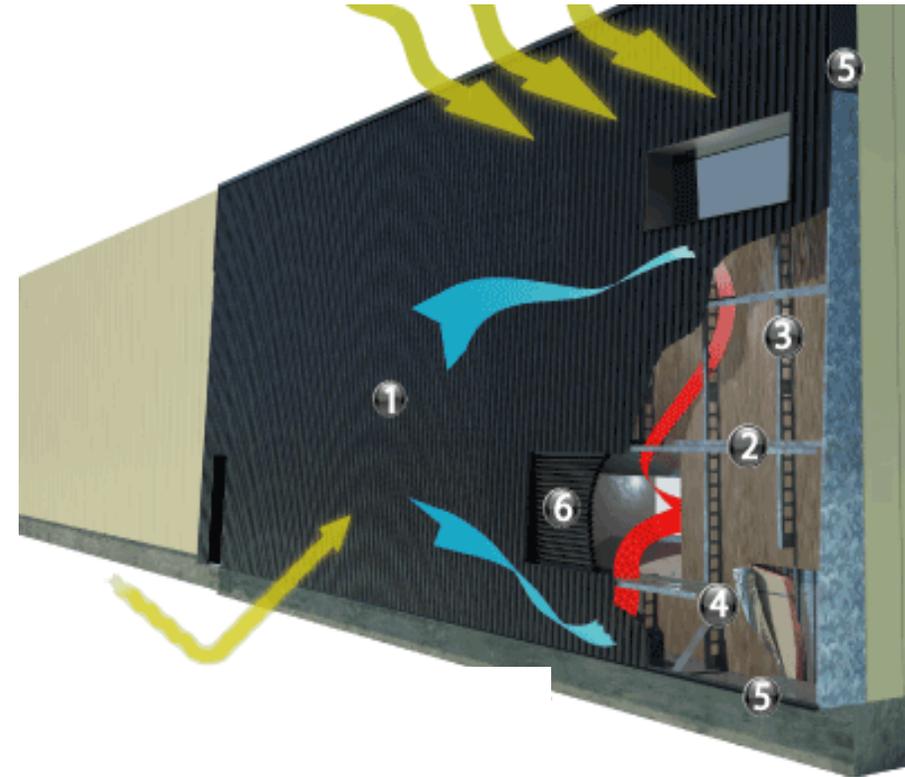
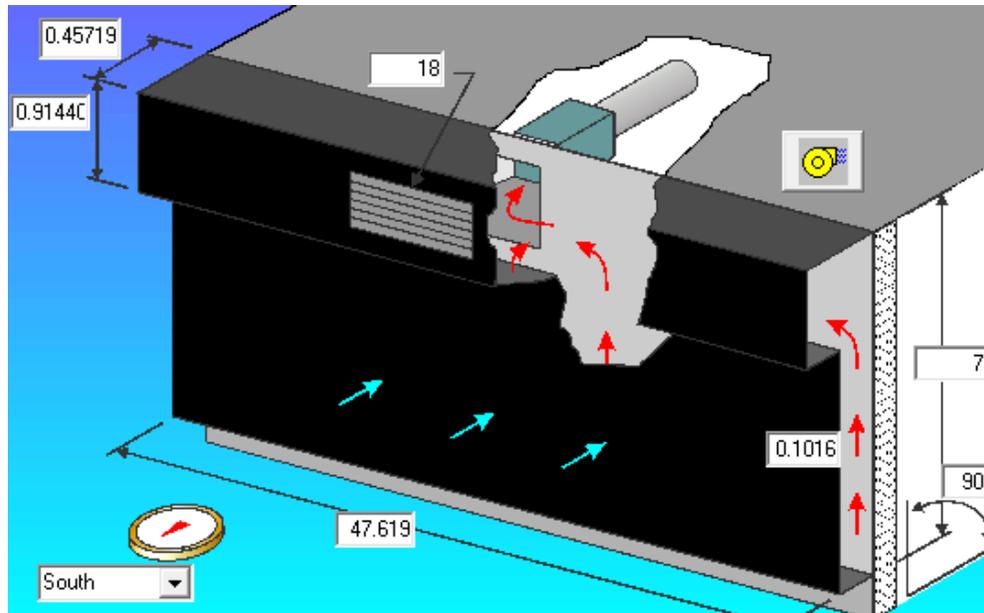
# Types de collecteurs

- Passage arrière :



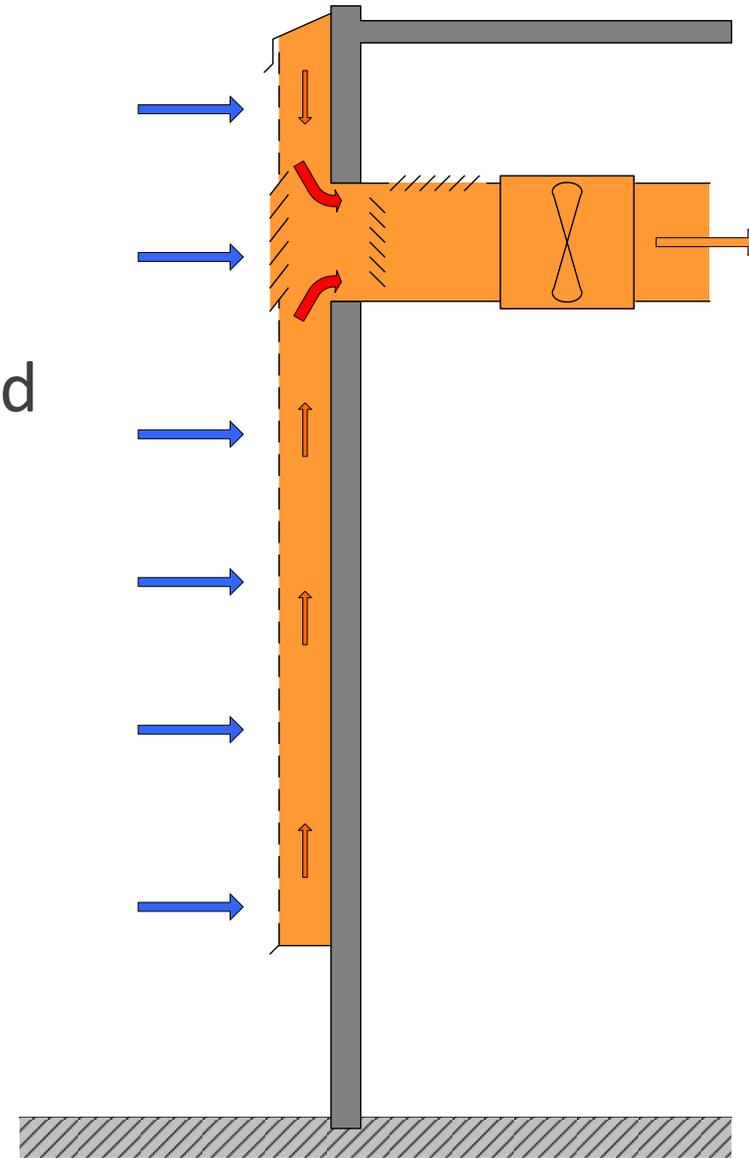
# Types de collecteurs

- Perforé :



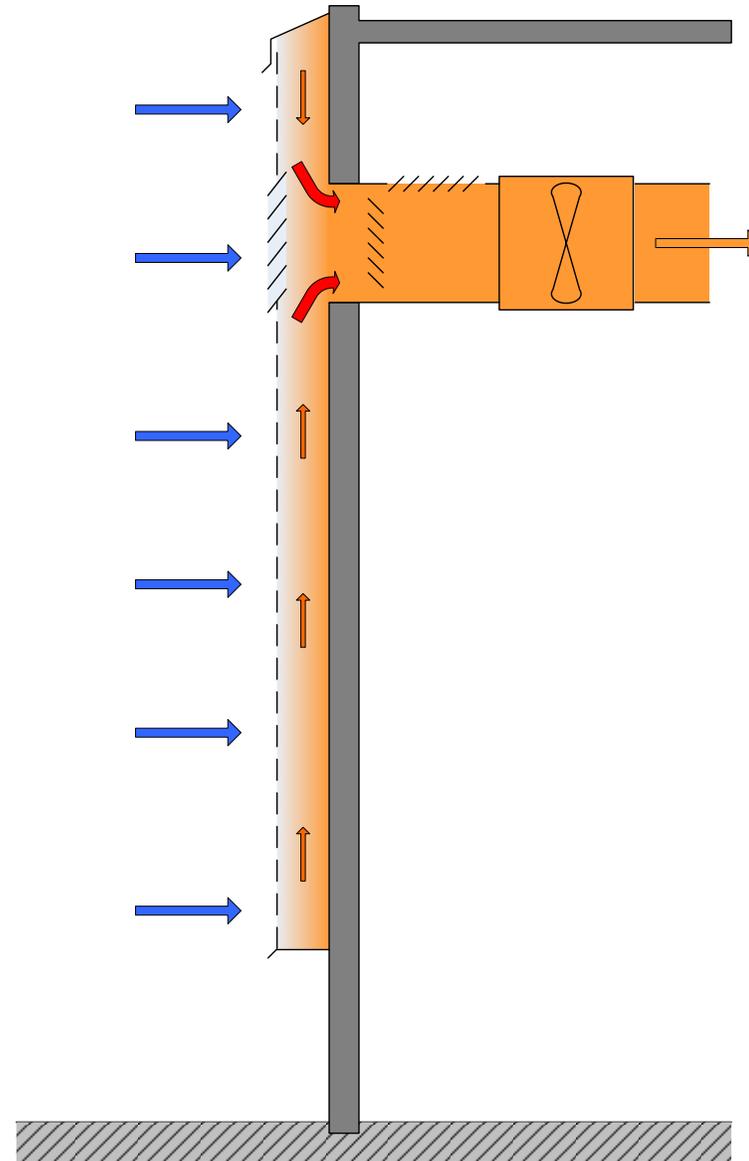
# Types de collecteurs

- Métal perforé :
  - Aussi appelé « Perforated », « Transpired », Unglazed Transpired Collectors (UTC)
  - Économique
  - Efficace



# Types de collecteurs

- Vitrage perforé :
  - Aussi appelé « CAVP », « Perforated glazing »
  - Efficace
  - Esthétique

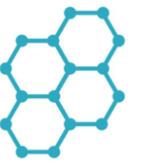


# Types de collecteurs

- Vitrage perforé :



# Question

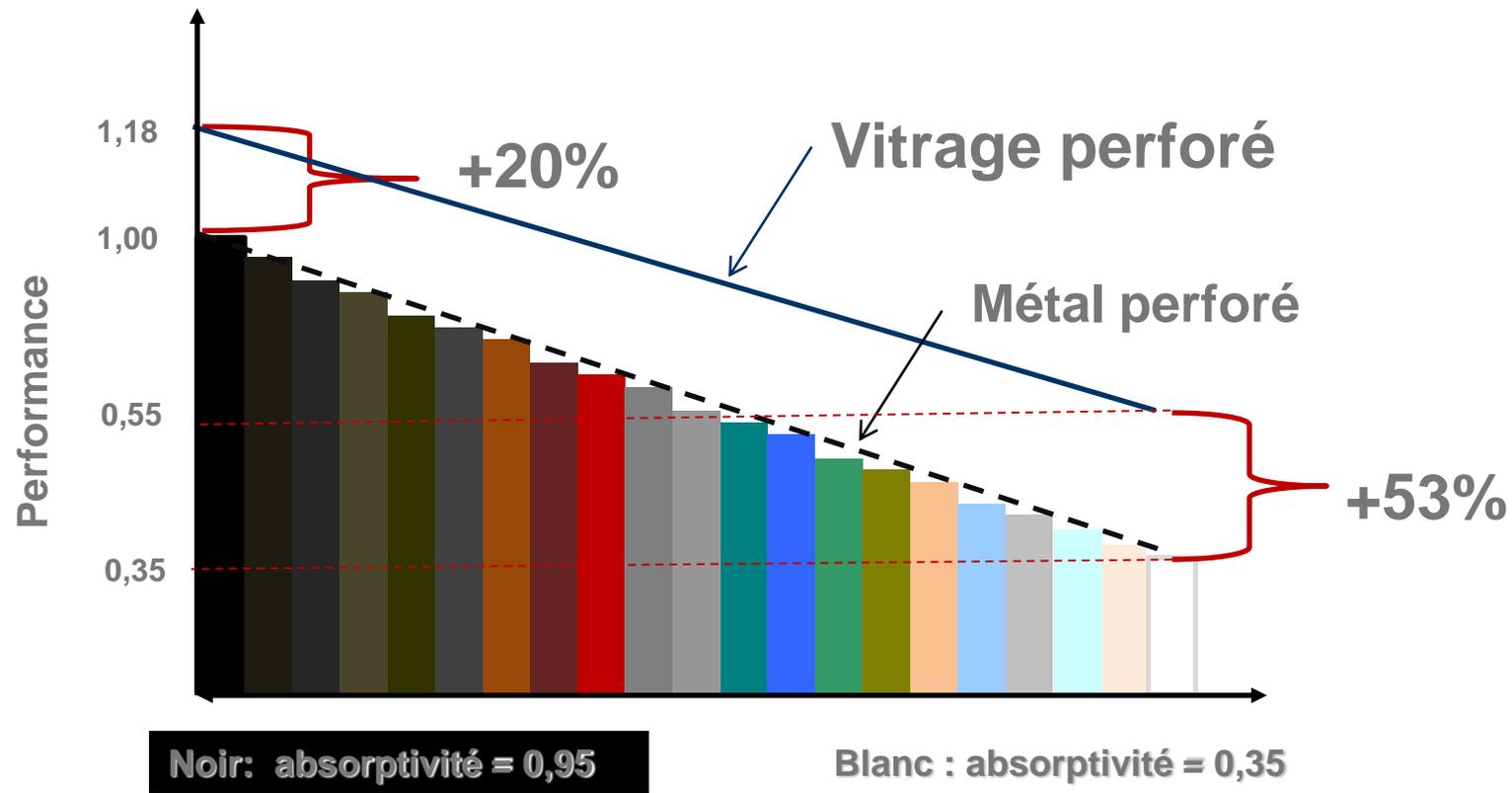


ENR2020

- Lequel de ces collecteurs permet d'atteindre la meilleure performance?
  - A. Métal perforé noir
  - B. Métal perforé bleu
  - C. Vitrage perforé à absorbeur foncé
  - D. Passage arrière
  - E. Boucle fermée

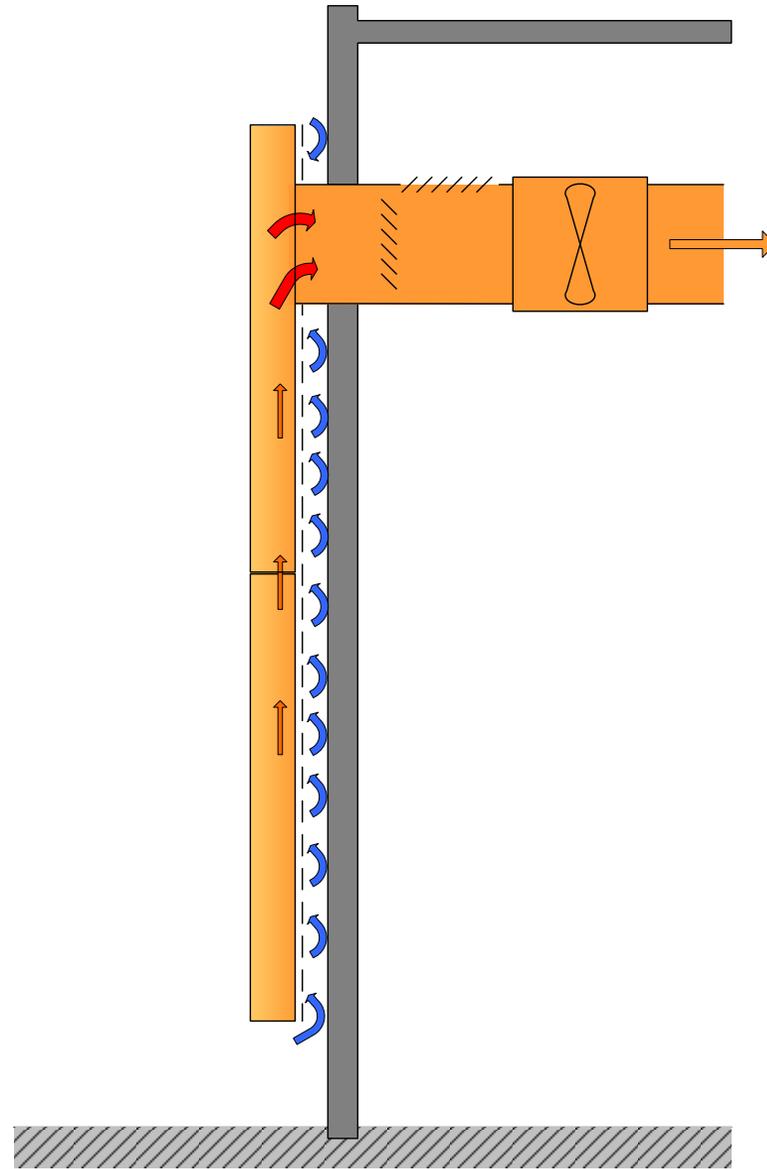
# Types de collecteurs

- Comparaison Vitrage perforé – Métal Perforé :



# Types de collecteurs

- Vitré – perforé à l'arrière :
  - Efficace
  - Modulaire

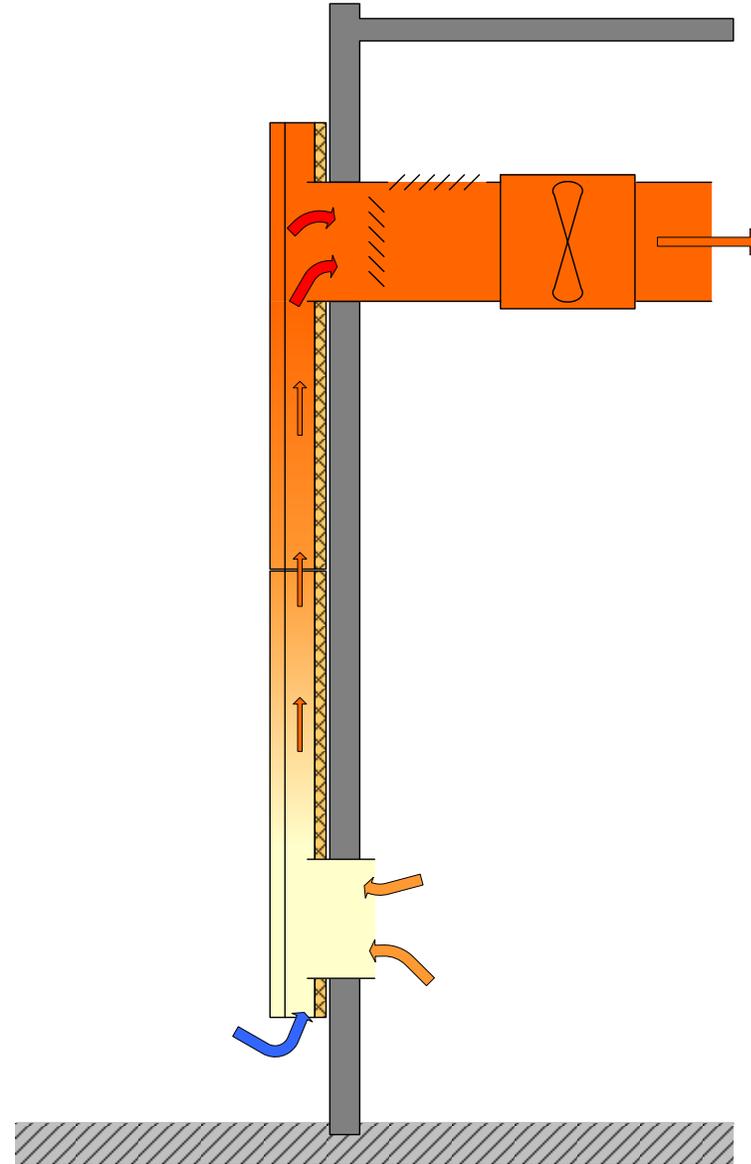


# Types de collecteurs

- Vitré :
  - Permet la recirculation
  - $\Delta T$  élevé



Absorbeur avec ailettes en aluminium, vitrage trempé (PV en option) - Australie



# Types de collecteurs

- Vitré :



Absorber en cannettes d'aluminium – vitrage en polycarbonate - Canada



Absorber en aluminium (PV en option) - Canada



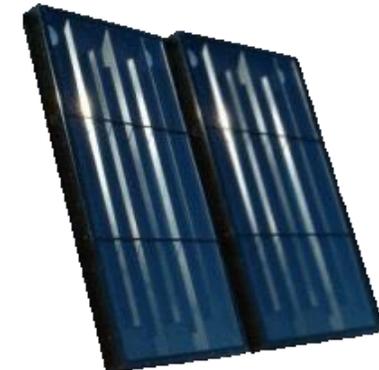
Ailettes en aluminium, vitrage trempé, PV en option - Allemagne



Absorber avec ailettes en aluminium, vitrage trempé (PV en option) - Australie



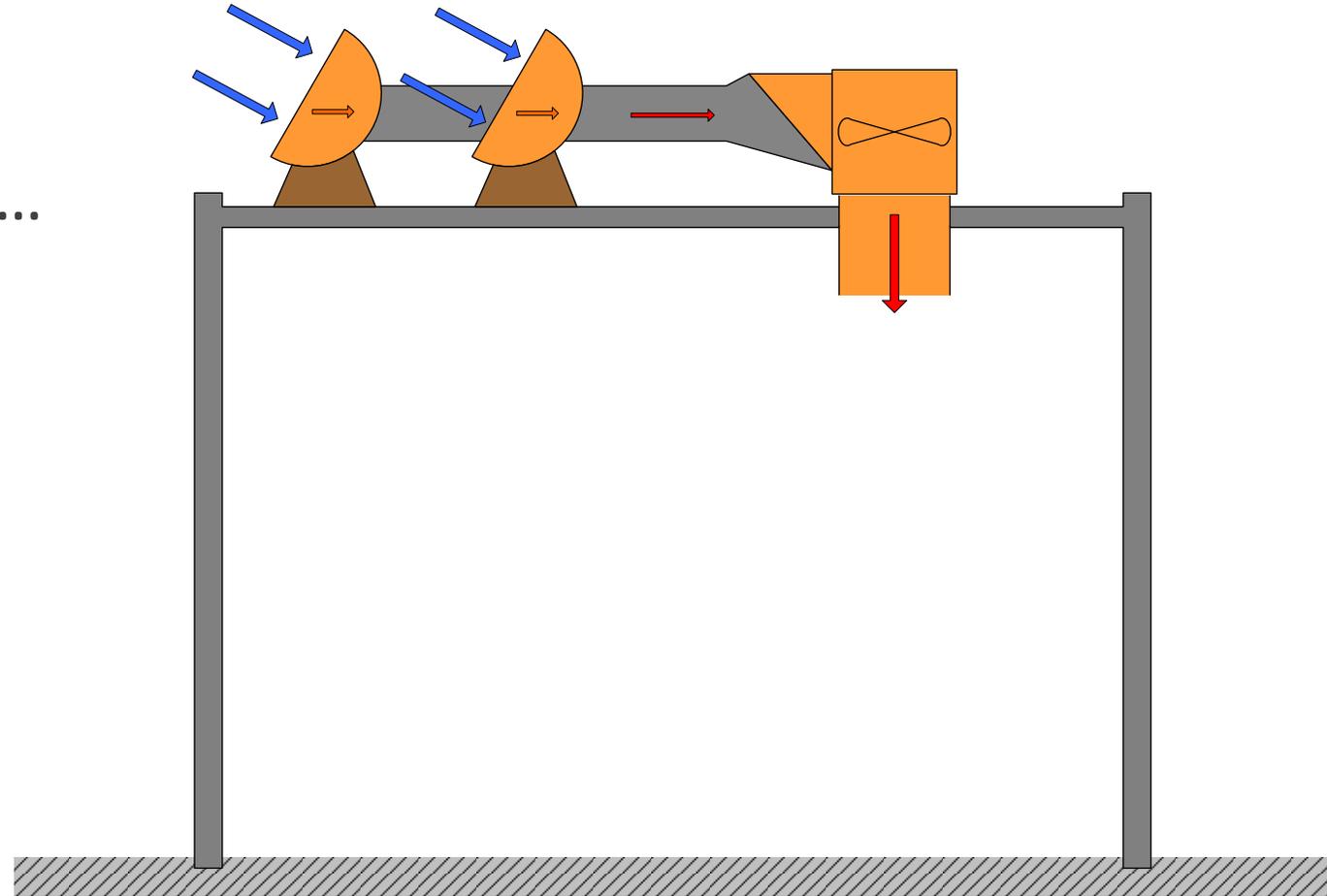
Surface selective, vitrage en polycarbonate - Chine



Passage en acier, vitré - Canada

# Types de collecteurs

- En toiture :
  - Disponible en vitré, perforé, ...
  - Entretien facilité
  - Optimisation inclinaison et orientation



# Types de collecteurs

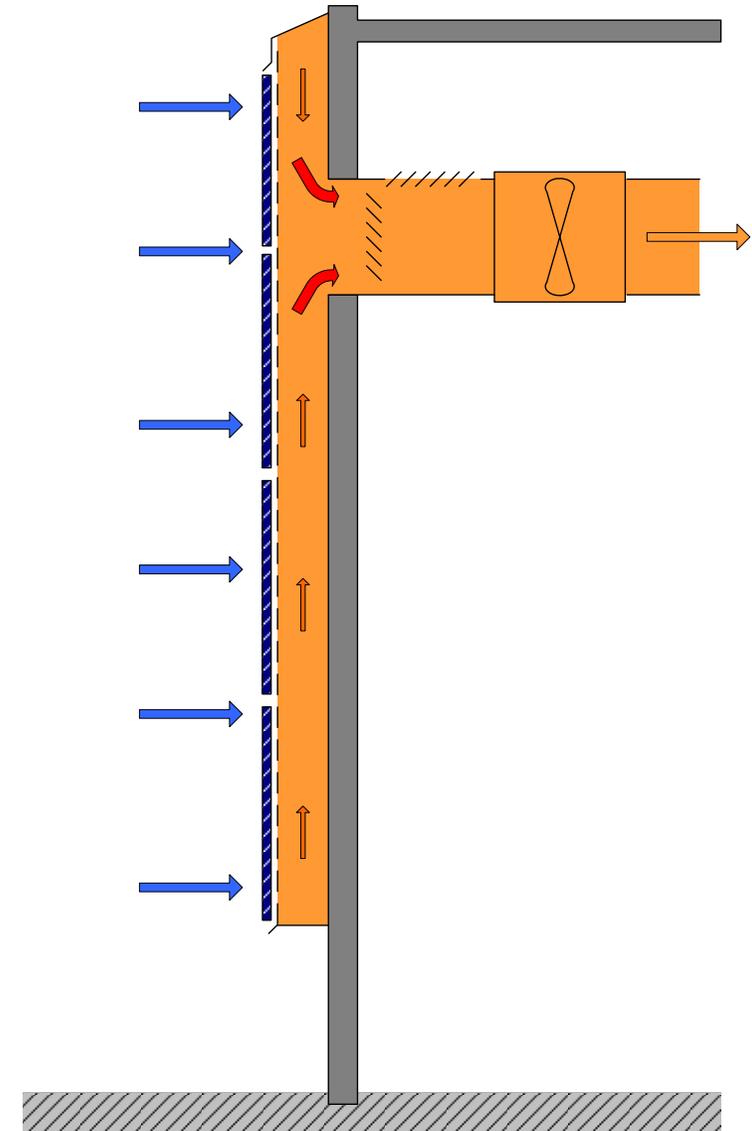
- En toiture :



# Types de collecteurs

- Possibilité de combinaison avec PV :
  - PV cristallin / amorphe
  - Température PV ↓
  - Efficacité du PV peut augmenter jusqu'à 10%

(Rakesh Kumar, Marc A. Rosen, 2011, *A critical review of photovoltaic– thermal solar collectors for air heating*, Applied Energy)



# Types de collecteurs

- Conceptions différentes



Intégration de PV avec solaire thermique - Canada



Mur solaire intégré dans murs pré-fabriqués – Canada



Surface sélective sur absorbeur en cuivre, vitré – assemblage sur site - Canada



Ailettes avec peinture sélective - Slovenie



Absorbeur en feutre, aspiration à l'arrière - Danemark

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Éléments de base des systèmes et familles de systèmes
- **Collecteurs pour chauffage d'air**
  - Types
  - ***Applications***
- Collecteurs pour production d'électricité – cheminées solaires
- Efficacité des collecteurs
- Conception d'un système solaire aéraulique
- Conclusion

# Applications

- Industries :



- Haut volume d'air neuf
- Air vicié
- Procédé
- Pression négative
- Séchage de bois

- Institutionnels / Commercial :



- Air neuf
- Chauffage
- Chauffage appoint à thermopompe

- Agricole :



- Air neuf à température basse
- Séchage des récoltes

- Résidentiel :

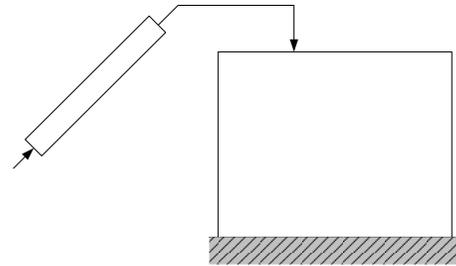


- Chauffage
- Air neuf
- Enveloppe
- Déshumidification

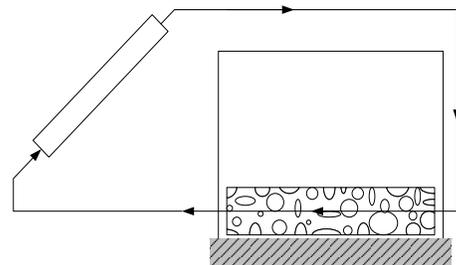
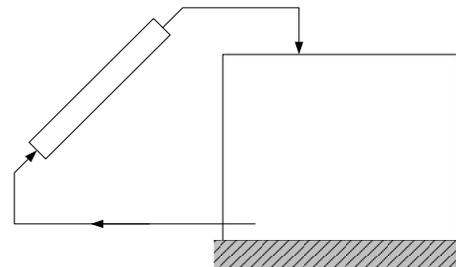
# Applications

- Les plus courantes :

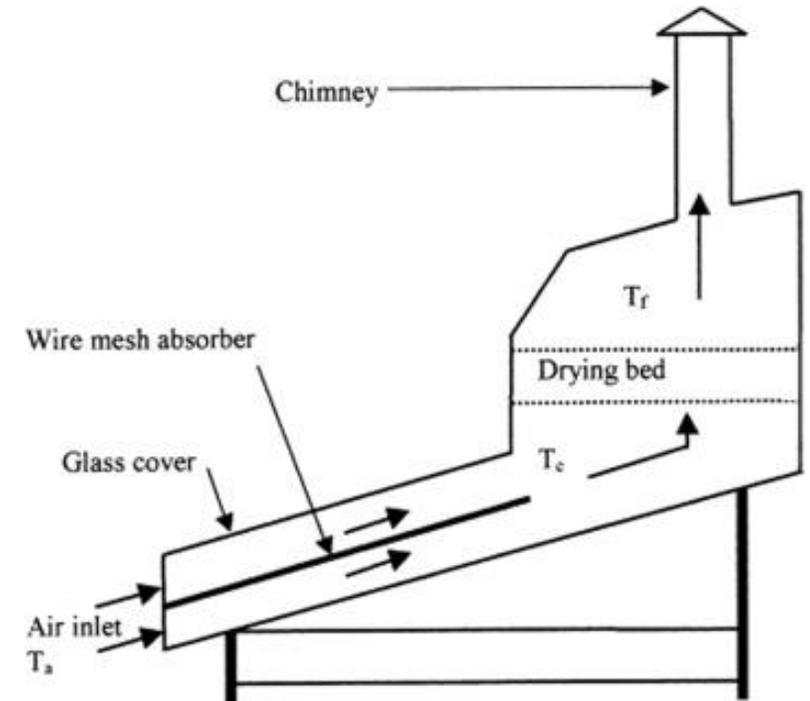
- Air neuf :



- Chauffage :



- Séchage des récoltes :



# Applications



- Industries :

- Haut volume d'air neuf
- Air vicié
- Procédé
- Pression négative
- Séchage de bois



# Applications



- Industries :

- Haut volume d'air neuf
- Air vicié
- Procédé
- Pression négative
- Séchage de bois

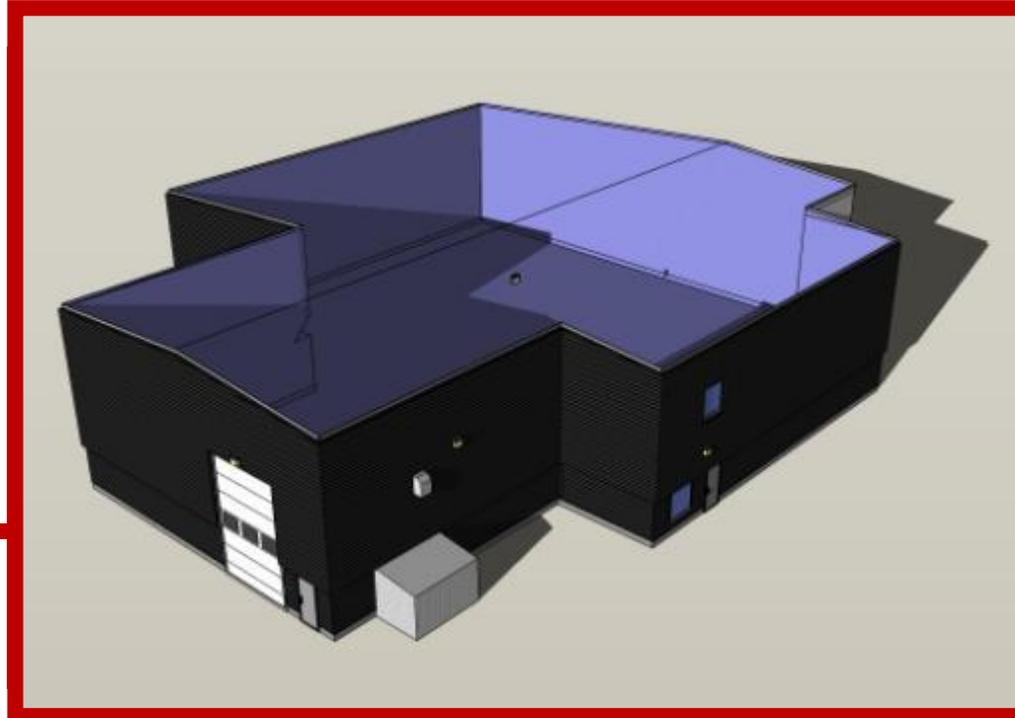


# Applications



- Industries :

- Haut volume d'air neuf
- Air vicié
- Procédé
- Pression négative
- Séchage de bois



# Applications



- Industries :

- Haut volume d'air neuf
- Air vicié
- Procédé
- Pression négative
- Séchage de bois



# Applications



- Institutionnel/Commercial :

- Air neuf
- Chauffage
- Chauffage appoint à thermopompe



# Applications



- Institutionnel/Commercial :

- Air neuf
- Chauffage
- Chauffage appoint à thermopompe



# Applications



- Agricole

- Air neuf à température basse
- Séchage des récoltes

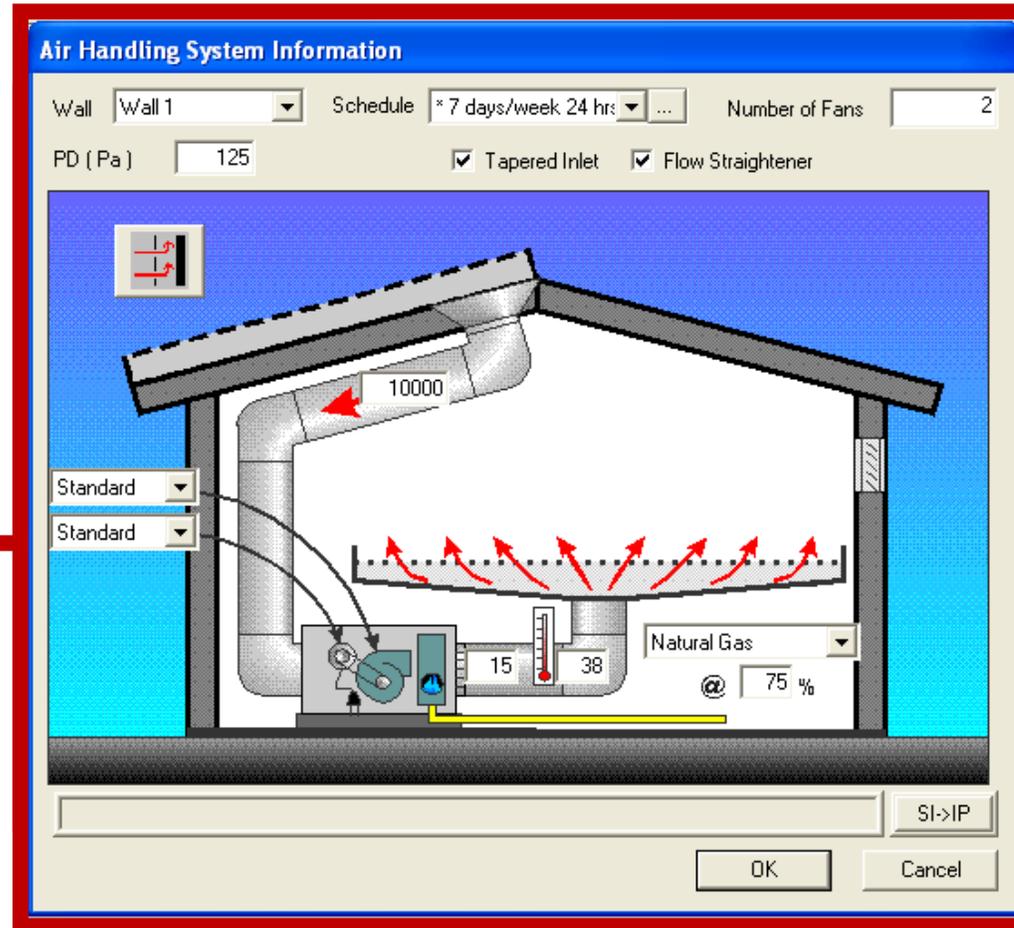


# Applications



- Agricole

- Air neuf à température basse
- Séchage des récoltes



# Applications



- Résidentiel

- Chauffage
- Air neuf
- Enveloppe
- Déshumidification

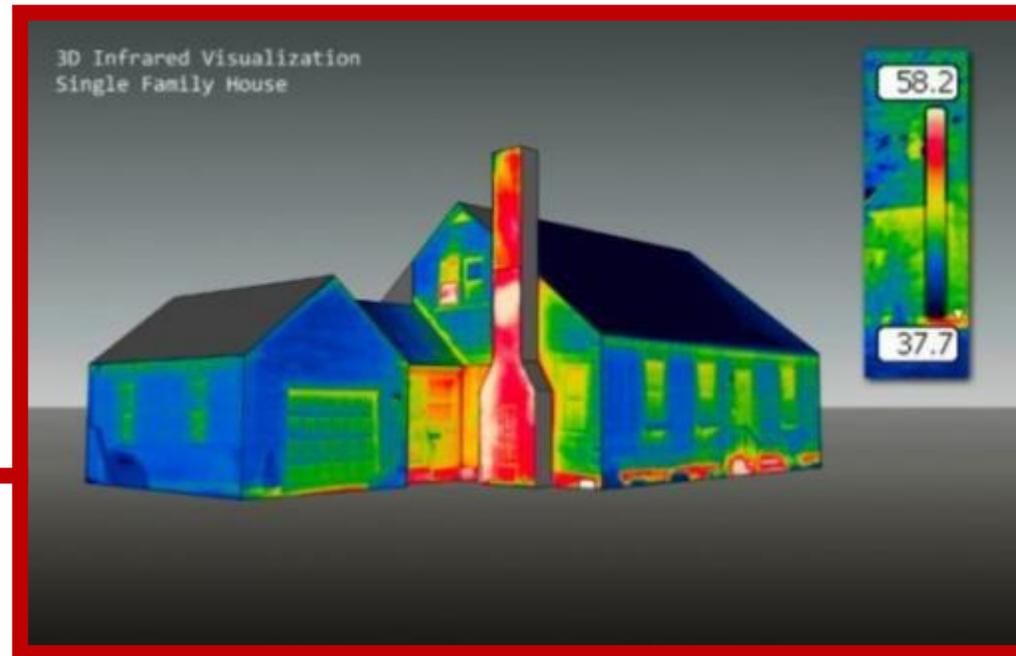


# Applications



- Résidentiel

- Chauffage
- Air neuf
- Enveloppe
- Déshumidification



# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Éléments de base des systèmes et familles de systèmes
- Collecteurs pour chauffage d'air
  - Types
  - Applications
- ***Collecteurs pour production d'électricité – cheminées solaires***
- Efficacité des collecteurs
- Conception d'un système solaire aérodynamique
- Conclusion

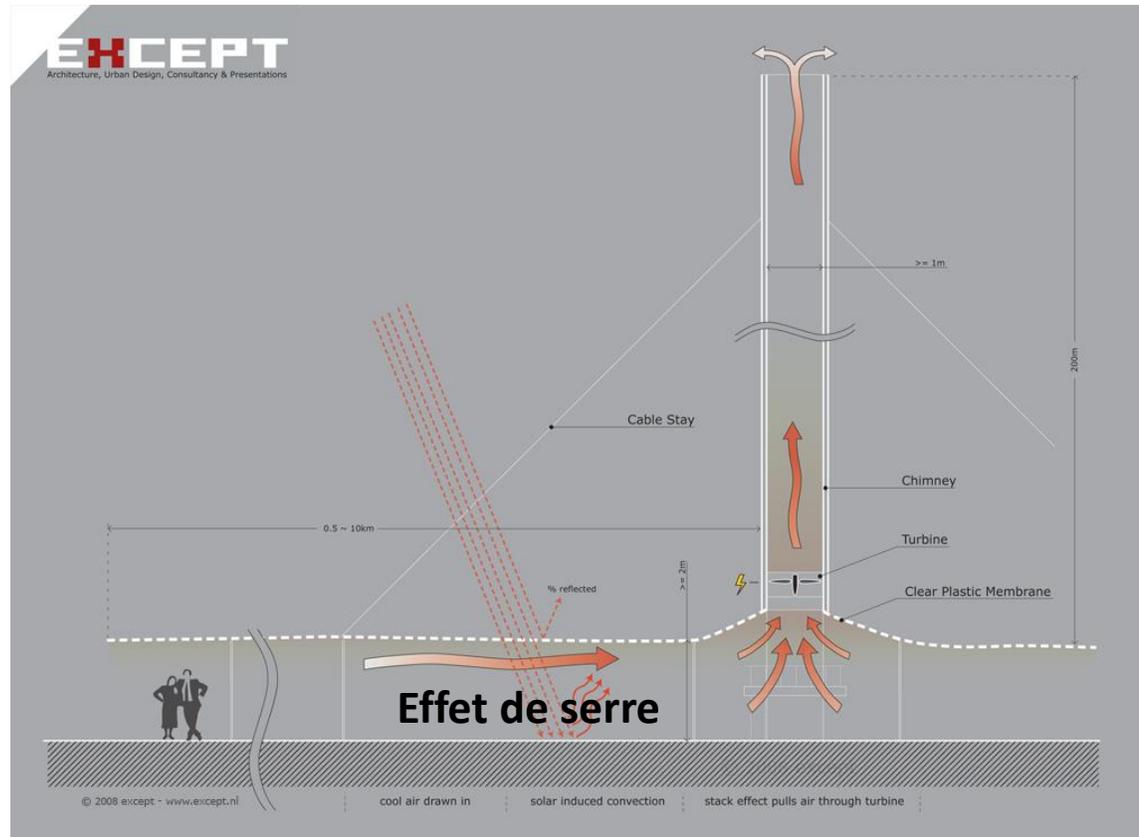
# Tours solaires à effet cheminée

- Les centrales solaires NON thermodynamiques à tour
  - Tour solaire thermique qui produit de l'électricité sans passer par un caloporteur qui change de phase, et sans turbine à vapeur.

Puisqu'il n'y a pas changements de phase, donc pas de « thermodynamique » au sens propre. Mais puisque ces tours produisent aussi de l'électricité mais avec de l'air, elle sont incluses dans cette présentation plutôt que dans celle qui concerne le solaire thermodynamique dont l'objectif consiste à produire d'abord de l'électricité .

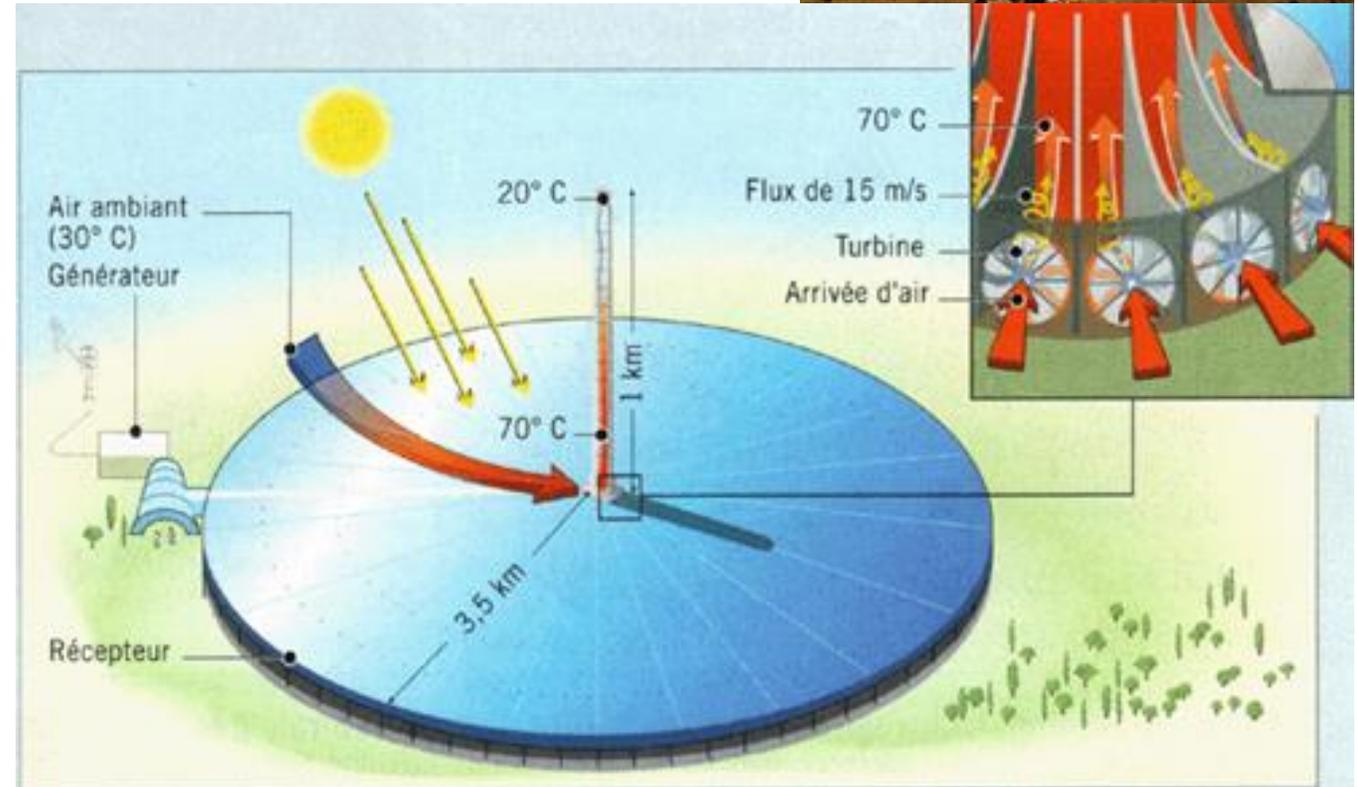
# Tours solaires à effet cheminée

- Les tours solaires thermiques

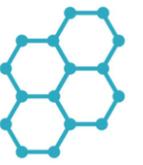


# Tours solaires à effet cheminée

- Technologies moins développées
  - Un prototype en Espagne 1981-1989 (détruit en 1999 lors des tempêtes)
  - 194 mètres pour une puissance de 50 kW
  - kWh 5 fois plus cher que prix standard en Espagne
  - Des projets énormes annoncés, pas réalisés.



# Question

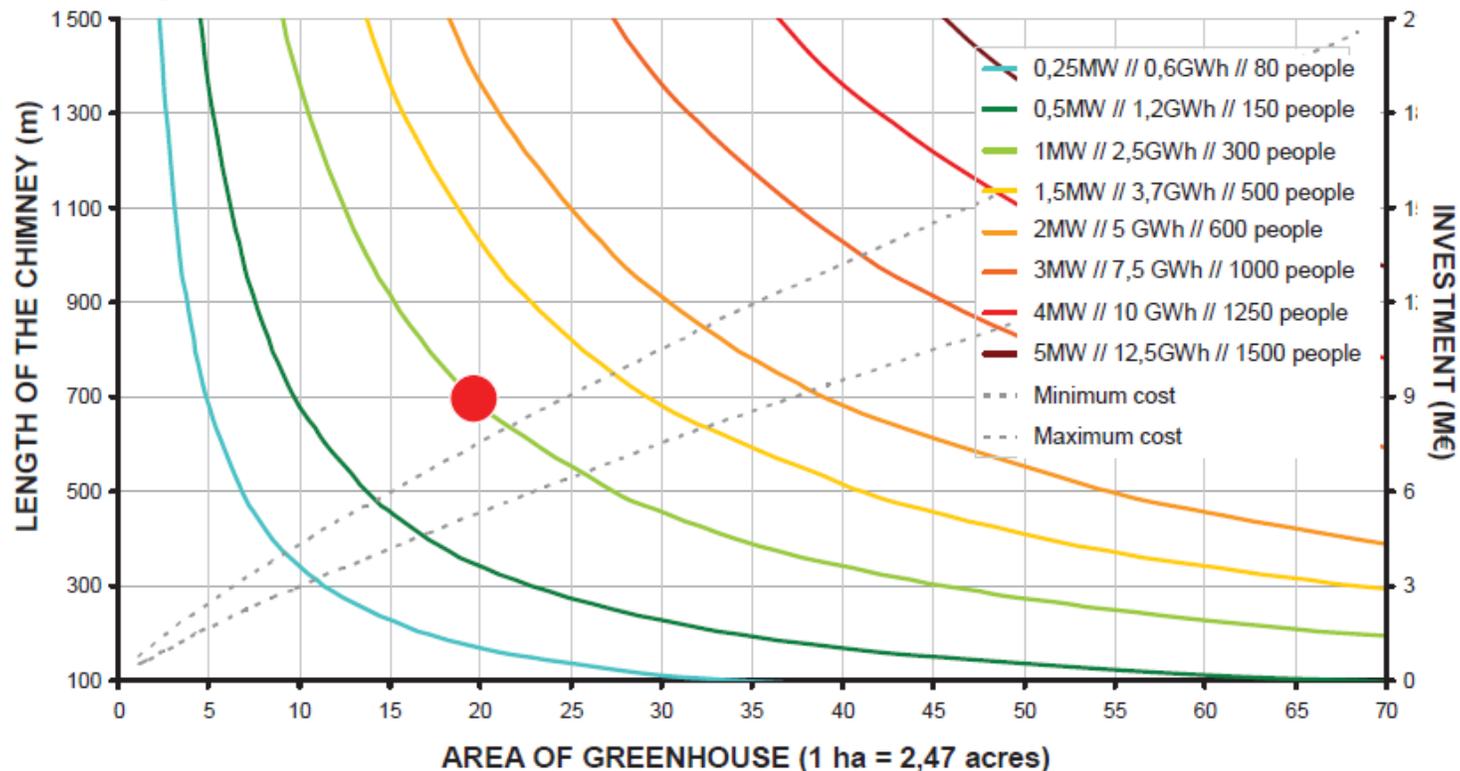


ENR2020

- Pour augmenter la puissance d'une cheminée solaire, il faut :
  - A. Augmenter la hauteur de la tour
  - B. Augmenter la surface au sol de la serre
  - C. Diminuer le diamètre de la tour
  - D. Ajouter des absorbeurs augmentant l'inertie thermique de la serre
  - E. Aucune de ces réponses

# Tours solaires à effet cheminée

- Permet de combiner avec de la production maraîchère sous serres ou de la production photovoltaïque
- Puissance dépendante de la hauteur et de la surface :



# Tours solaires à effet cheminée

– Permet de lisser la production grâce au stockage de chaleur en journée



*Day*  
*Water bags capture sun rays*



*Night*  
*water bags release sun heat*

- Imaginé aussi en version montagnarde, pour économiser les coûts de construction.
  - Mais encore au stade de projet

Elioth/Iosis Group, 2010, *The Solar Mountains - An introduction to the solar updraft mountains*, 13p

# Tours solaires à effet cheminée

- Les tours solaires thermiques



**Buronga, Australie, 2010, 990m, 200MW, 400 M€**  
<http://www.enviromission.com.au/EVM/content/home.html>  
<https://www.youtube.com/watch?v=0tWIP0knKQU>

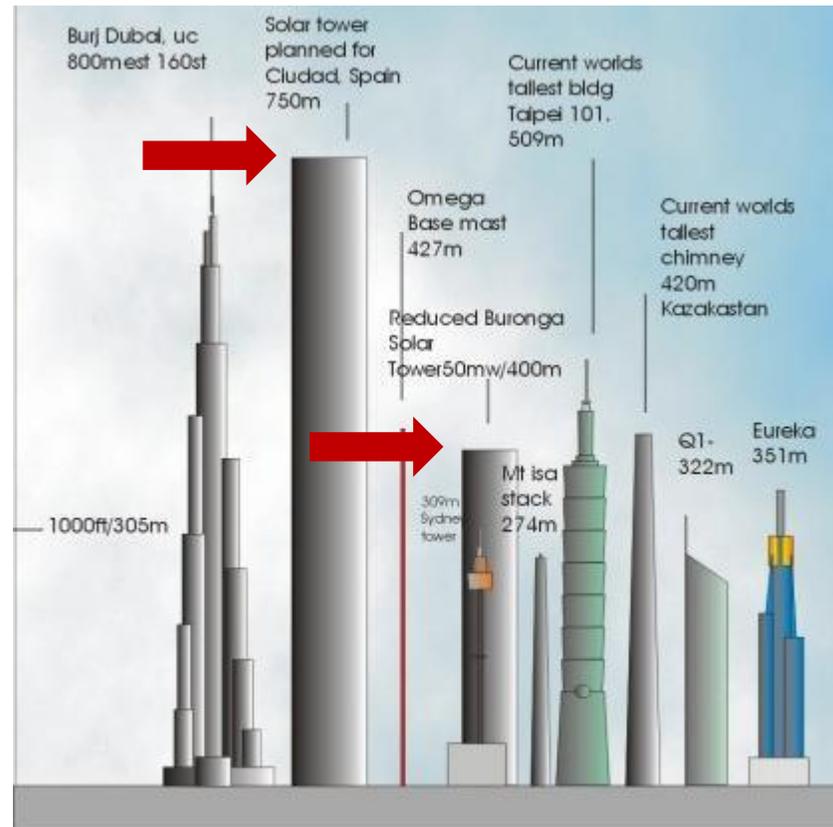
# Tours solaires à effet cheminée

- Le projet de tour solaire thermique de Buronga
  - Combien ça coûte pour un Wc ?
  - Est-ce mieux que le PV ?
  - Est-ce mieux que le charbon ?

**Devait être construit en 2010, toujours pas en chantier en 2020...**

# Les principaux types de centrales

- Les tours solaires thermiques
  - Hauteur



**Ciudad, Espagne, 2010, 750m, 40MW**

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Éléments de base des systèmes et familles de systèmes
- Collecteurs pour chauffage d'air
  - Types
  - Applications
- Collecteurs pour production d'électricité – cheminées solaires
- ***Efficacité des collecteurs***
- Conception d'un système solaire aéraulique
- Conclusion

# Efficacité des collecteurs

Les calculs sont similaires à ceux des collecteurs hydrauliques :

$$Q_u = F' A_c [S - U_L (T_m - T_a)]$$

Avec

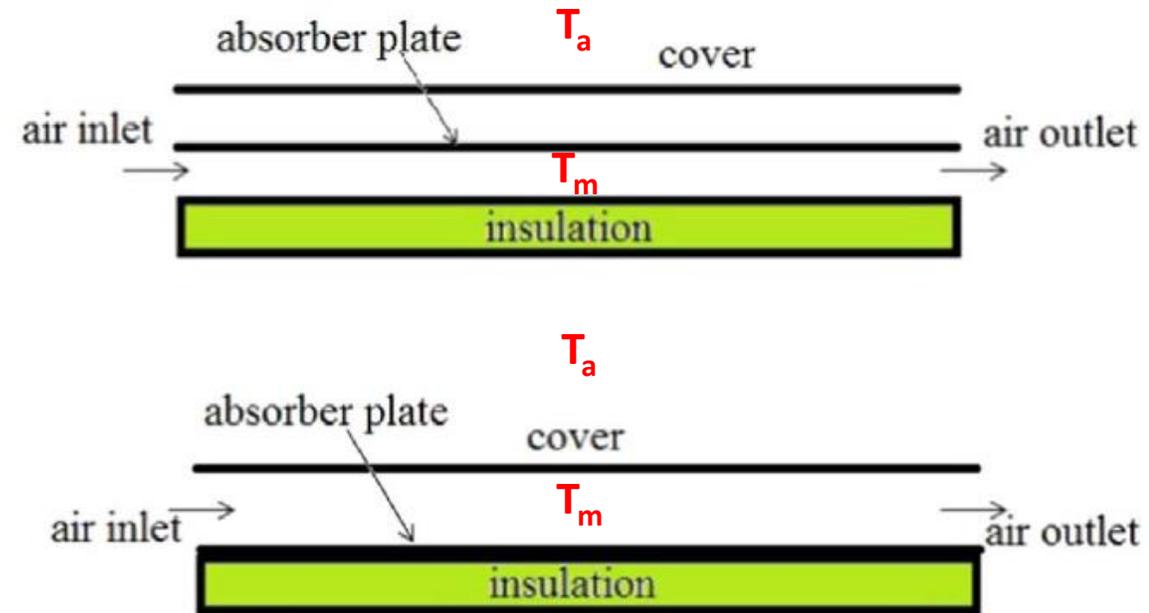
$A_c$  : surface du collecteur,  $m^2$

$S$  : irradiation absorbée,  $W/m^2$

$U_L$  : coefficient global de pertes, -

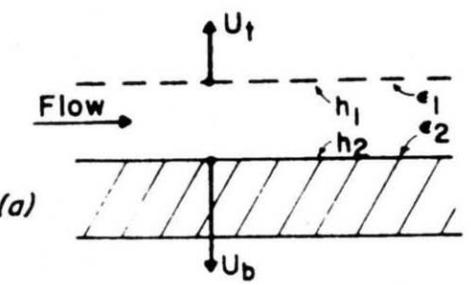
$T_a$  : température de l'air extérieur,  $^{\circ}C$

$T_m$  : température moyenne du fluide dans le collecteur,  $^{\circ}C$



➔ Cours **ENR835**, bien que centré sur les systèmes hydroniques, vous donnera les outils pour comprendre et dimensionner un système aéraulique.

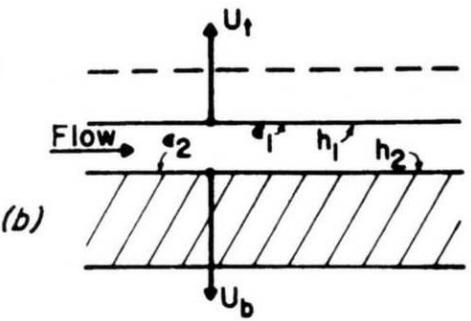
# Efficacité des collecteurs



$$U_L = \frac{(U_b + U_t)(h_1 h_2 + h_1 h_r + h_2 h_r) + U_b U_t (h_1 + h_2)}{h_1 h_r + h_2 U_t + h_2 h_r + h_1 h_2}$$

$$F' = \frac{h_r h_1 + h_2 U_t + h_2 h_r + h_1 h_2}{(U_t + h_r + h_1)(U_b + h_2 + h_r) - h_r^2}$$

$$h_r = \frac{\sigma(T_1^2 + T_2^2)(T_1 + T_2)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1}$$

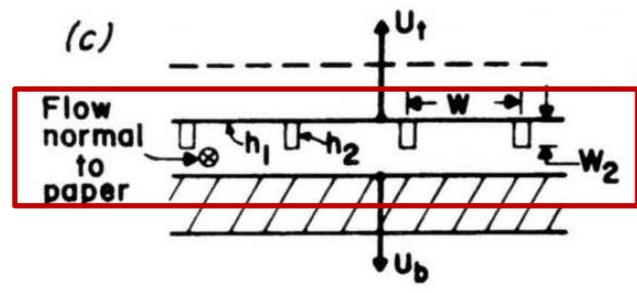
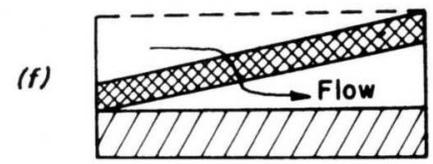
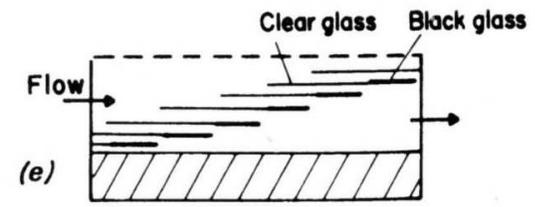


$$U_L = U_t + U_b$$

$$F' = \frac{1}{1 + \frac{U_t}{h_1 + \frac{1}{\frac{1}{h_2} + \frac{1}{h_r}}}}$$

$h_r = \text{same as (a)}$

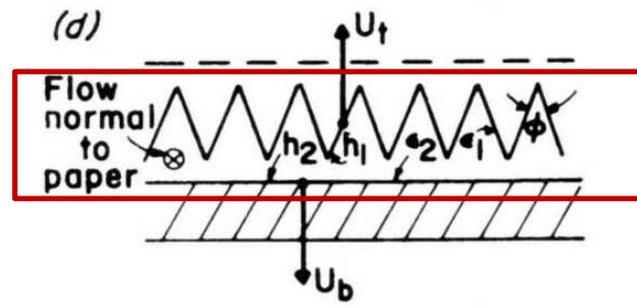
$F'$  = Collector efficiency factor,  $U_0/U_L$   
 $F_R$  = Collector heat removal factor  
 $F'_R$  = Collector heat exchanger factor



$$F'_0 = F' \text{ of (b)}$$

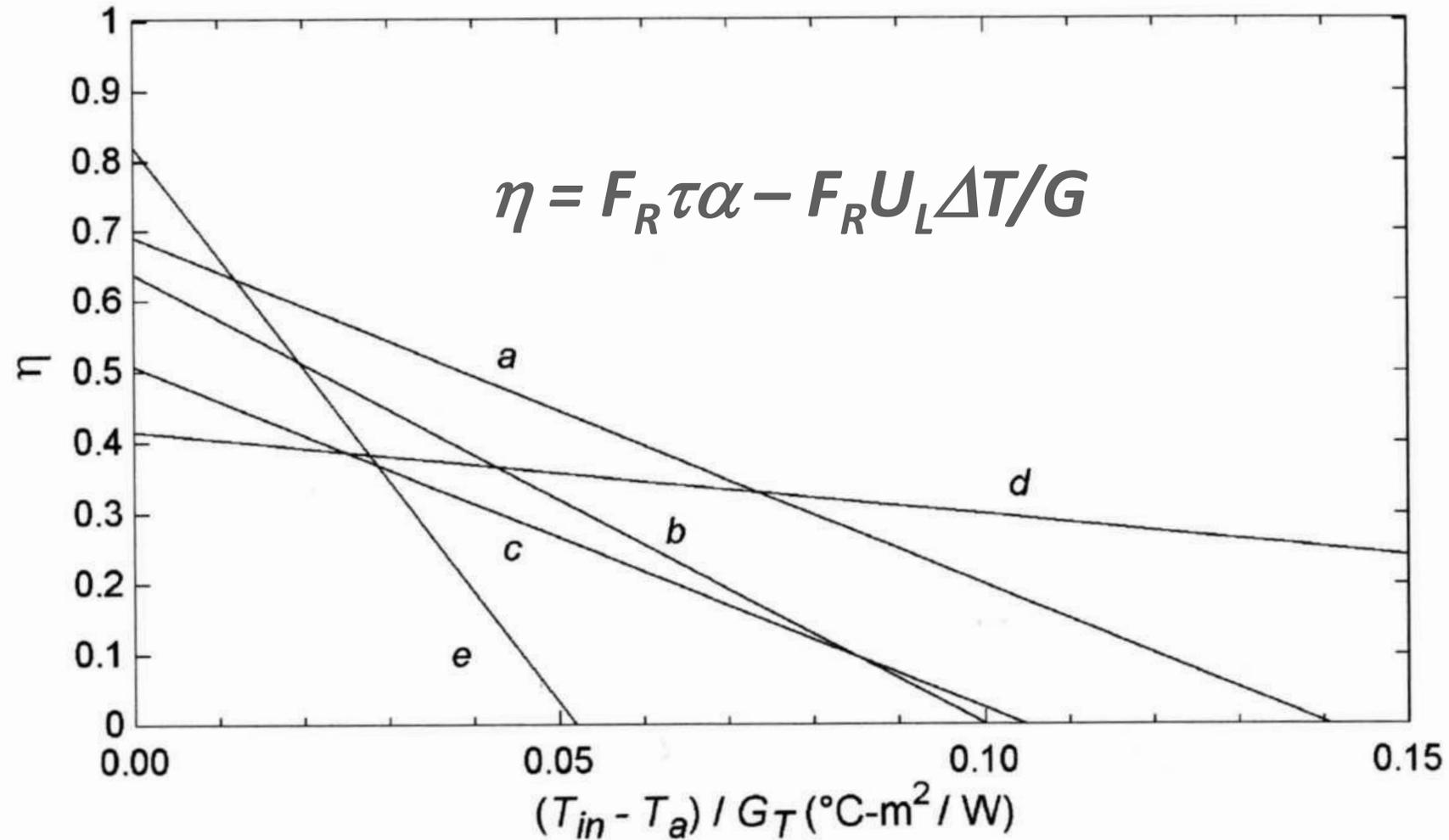
$$F' = F'_0 \left[ 1 + \frac{1 - F'_0}{\frac{F'_0}{F_p} + \frac{W h_1}{2 W_2 h_2 F_F}} \right]$$

$F_p$  = fin efficiency of plate  
 $F_F$  = fin efficiency of fin

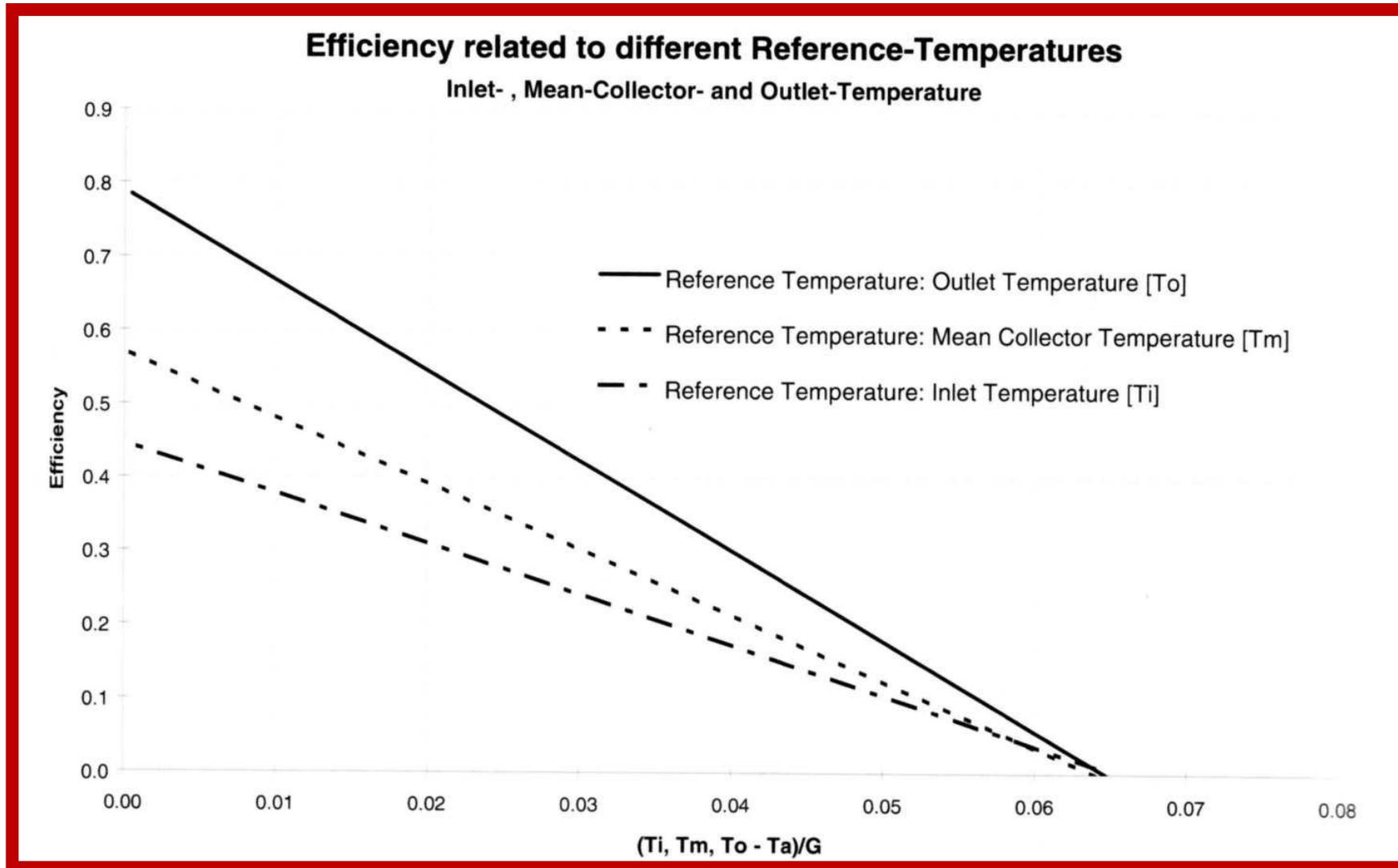


$U_L = U_t + U_b$   
 $U_t$  is based on projected area  
 $F'$  = same as (b) with  $h_1$  replaced by  $h_1 / \sin \phi/2$

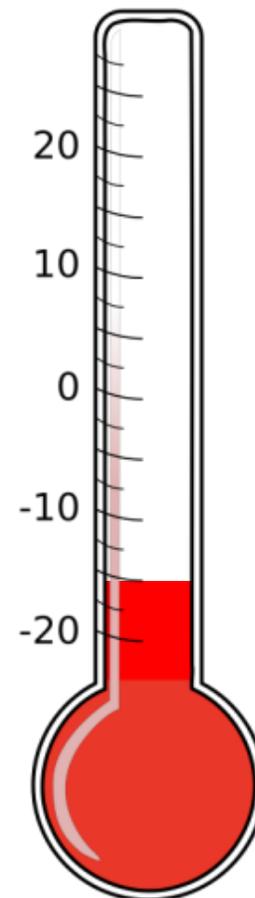
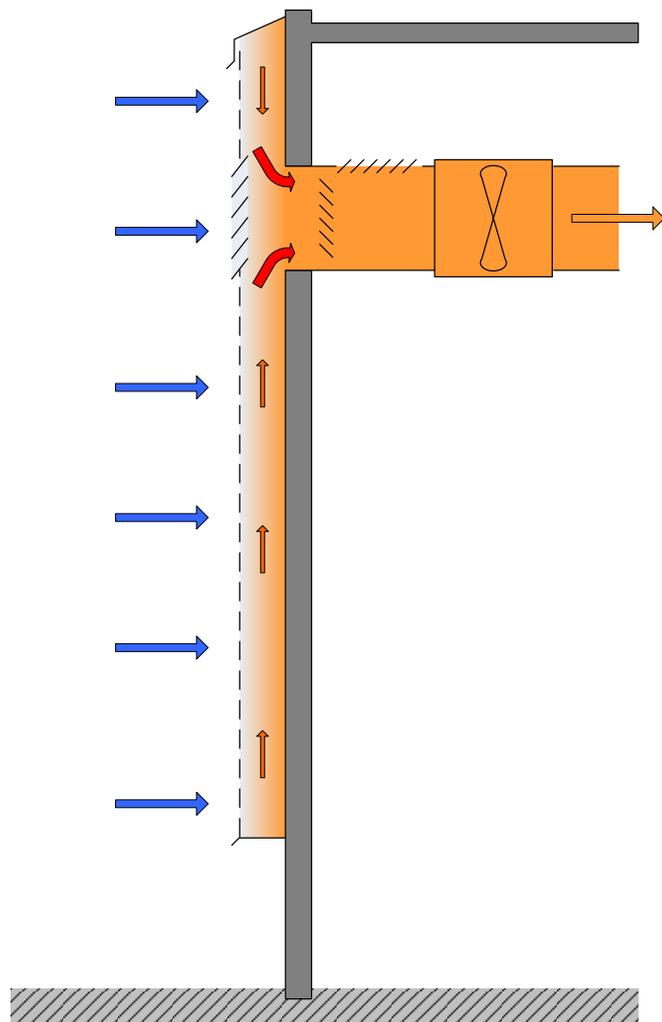
# Effacité des collecteurs

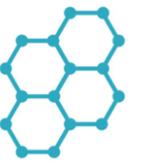


# Efficacité des collecteurs



# Efficacité des collecteurs



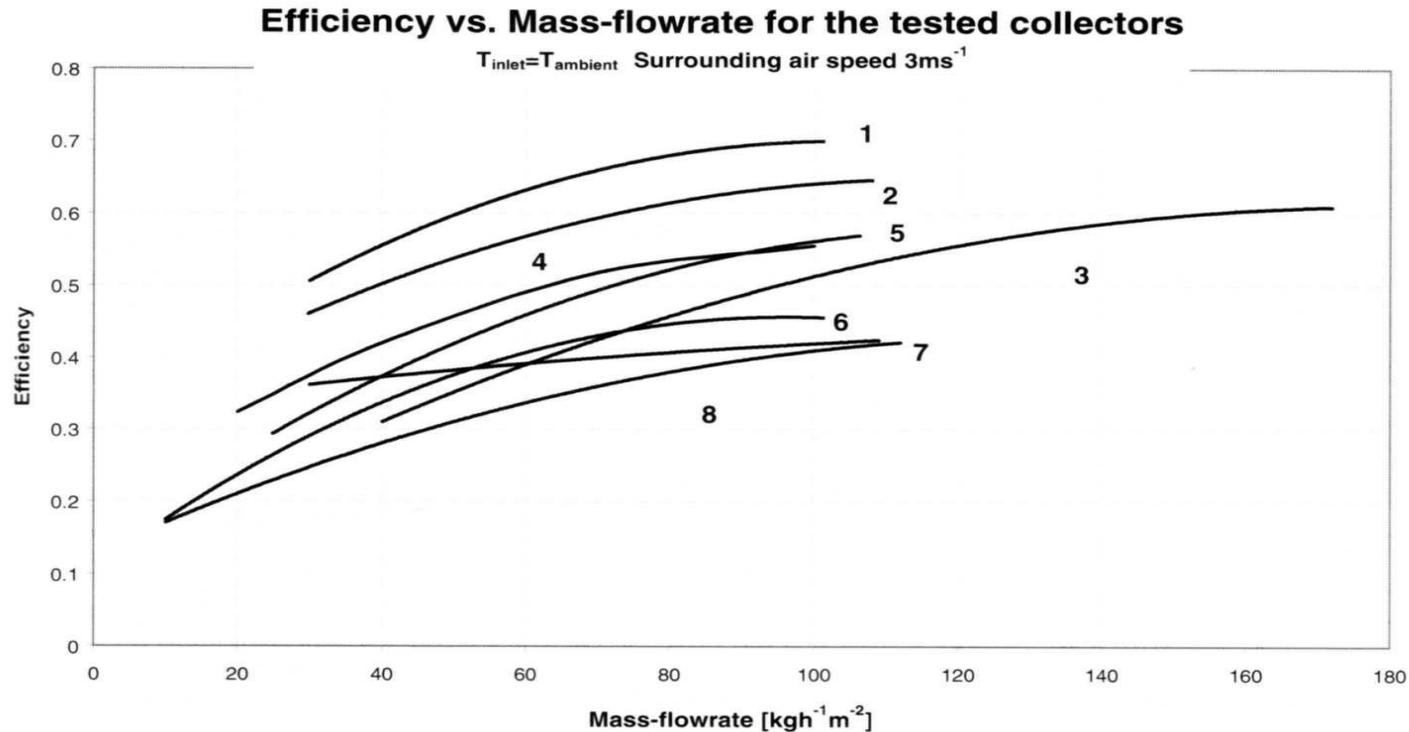


# Question

- Qu'est ce qui permet d'augmenter le rendement d'un collecteur aéraulique?
  - A. Diminuer le débit d'air
  - B. Augmenter le débit d'air
  - C. Rendre le flux d'air turbulent
  - D. Rendre le flux d'air laminaire
  - E. Isoler le dos du collecteur

# Efficacité des collecteurs

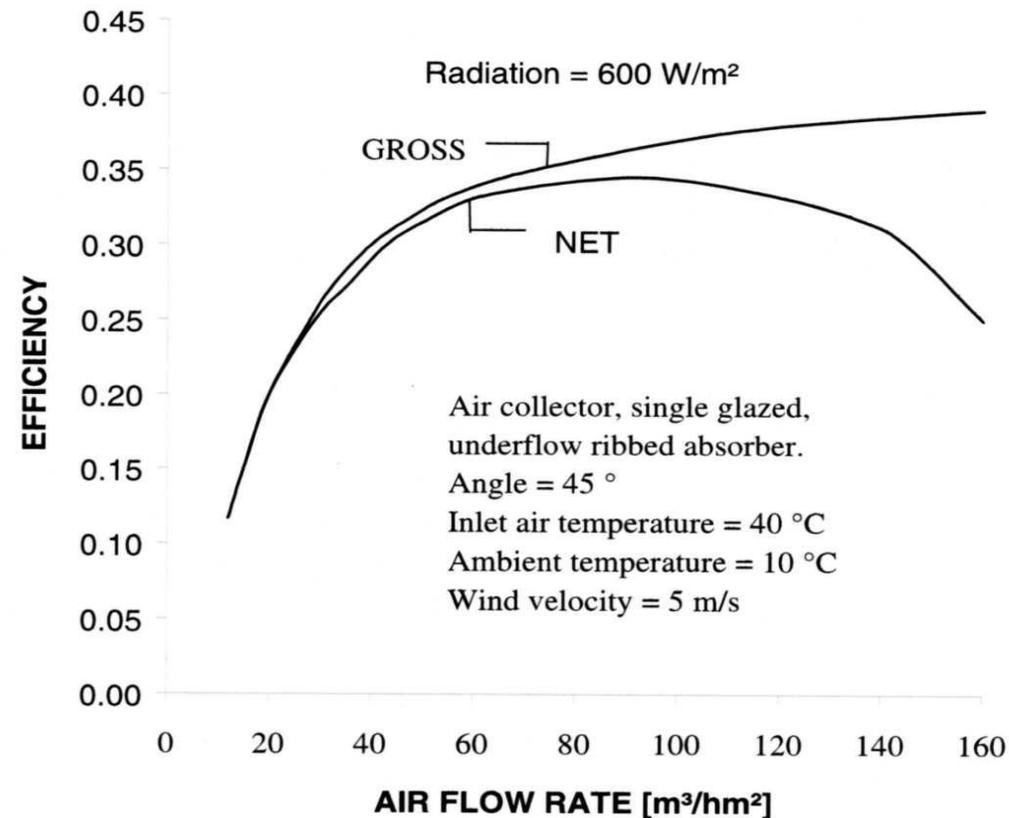
- Ce qui amène l'efficacité maximale :
  - Pourquoi l'efficacité augmente-t-elle avec le débit d'air?



- Pourquoi l'efficacité plafonne-t-elle avec le débit d'air?

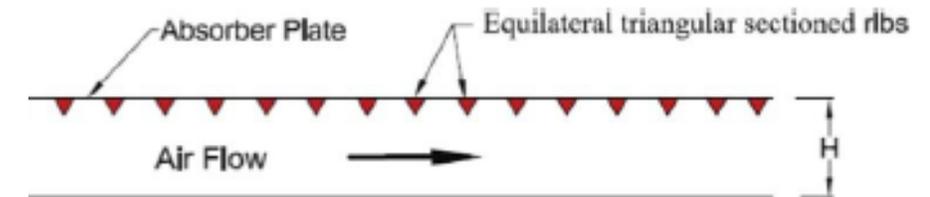
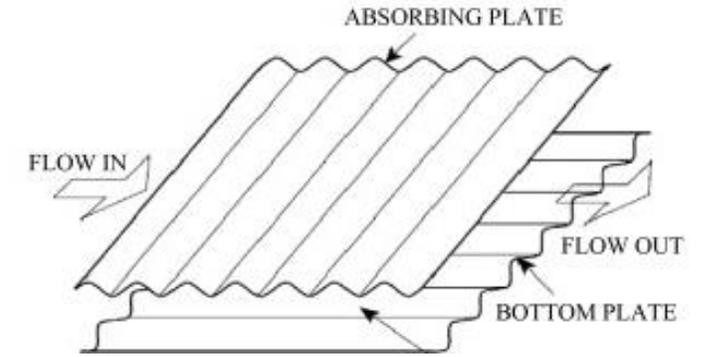
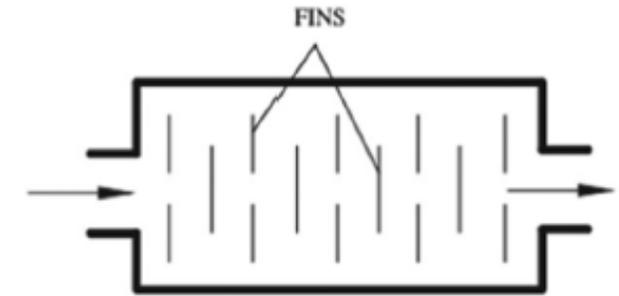
# Efficacité des collecteurs

- Ce qui amène l'efficacité maximale :
  - Pourquoi l'efficacité nette chute-t-elle avec le débit d'air?



# Efficacité des collecteurs

- Ce qui amène l'efficacité maximale :
  - Haut débit d'air
  - Coefficient de convection élevé
    - stratégies pour rendre le flux turbulent
    - typiquement l'efficacité peut augmenter de 20% (40% à 60%) grâce à l'ajout de rugosité sur les plaques.



A.E. Kabeel & al., 2017, *Solar air heaters: Design configurations, improvement methods and applications – A detailed review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews

# Efficacité des collecteurs

- Ce qui amène l'efficacité maximale

- Haut débit d'air

- Coefficient de convection élevé

- Diminution des pertes thermiques:

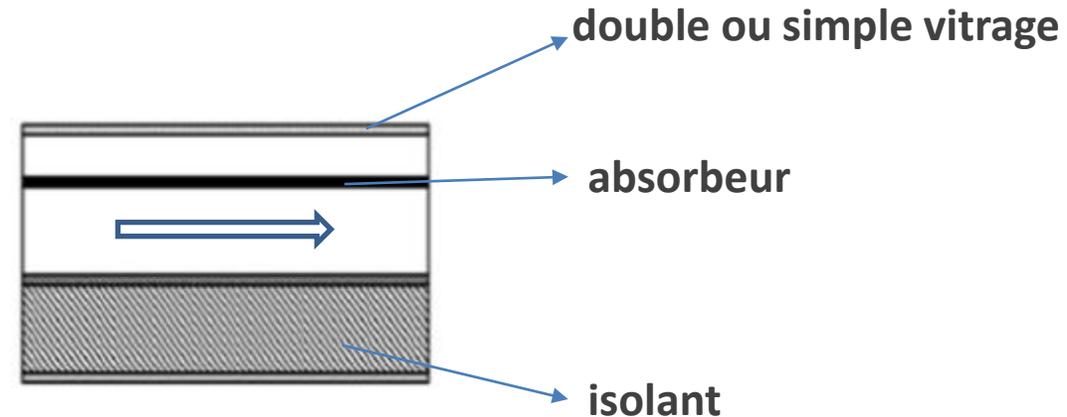
- diminuer  $DT = (T_m - T_a)$

- diminuer UL (améliorer les trois types d'isolation):

- Conduction : Isolant, ponts thermiques

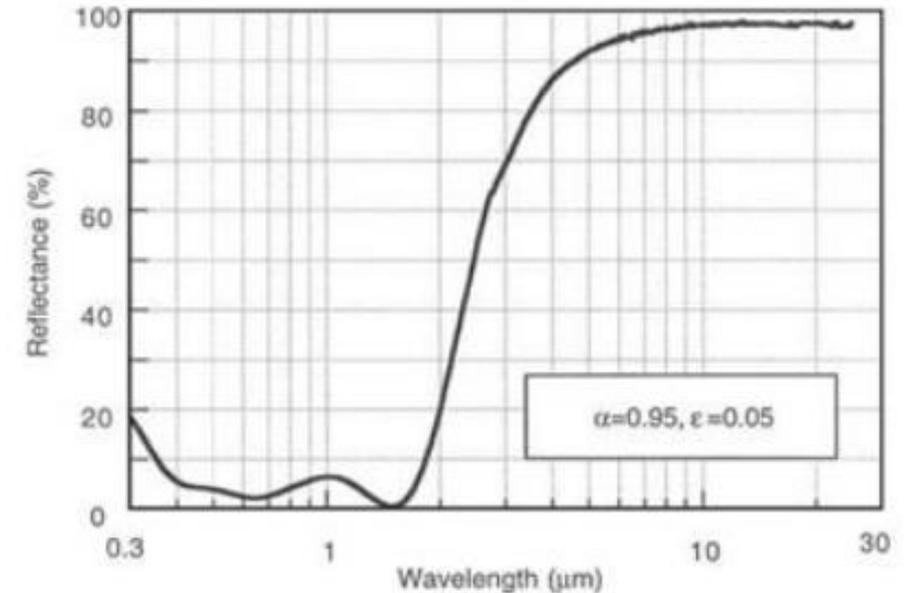
- Convection : Plaque de verre, sous vide, infiltrations

- Rayonnement: Haute absorptivité de l'absorbeur, peu de réflectivité de la plaque de verre, faible émissivité de la plaque de verre, faible transmissivité du verre au rayonnement ambiant provenant de l'absorbeur.



# Efficacité des collecteurs

- Ce qui amène l'efficacité maximale :
  - Haut débit d'air
  - Coefficient de convection élevé
  - Diminution des pertes thermiques
  - Augmentation de l'absorption :
    - Utilisation de revêtements de surface sélectif pour l'absorbeur.
    - Amélioration pouvant aller jusqu'à un gain de 30% d'efficacité sur 24h (en incluant le rayonnement infrarouge moindre)



# Efficacité des collecteurs

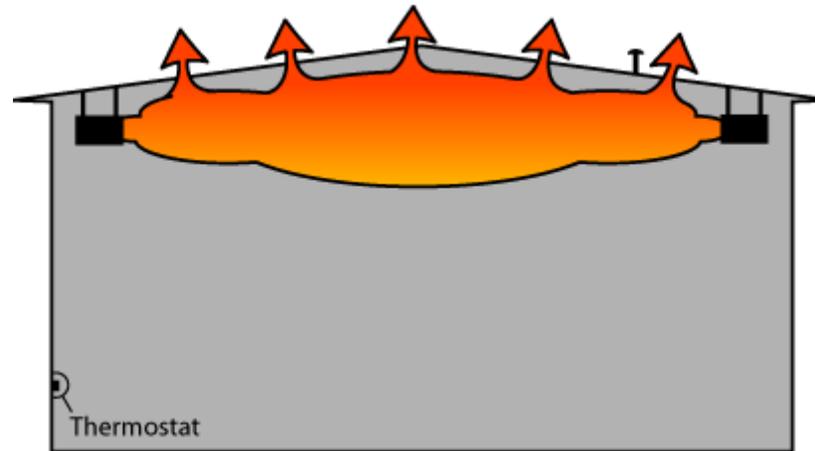
- Paramètres clés influant l'efficacité / le rendement :
  - Au niveau des collecteurs :
    - Orientation / Inclinaison
    - Débit par rapport à la surface
    - Pertes thermiques ( $U_L$ )
    - Absorption
    - Transfert thermique de l'absorbeur à l'air ( $h$ )
    - Présence de neige en hiver (augmente l'albédo)

# Efficacité des collecteurs

- Paramètres clés influant l'efficacité / le rendement :
  - Au niveau du système :
    - Opération continue
    - Contrôles centralisés
    - Déstratification
    - Stockage thermique
    - Double utilisation
      - Chauffage de l'eau
      - Parement esthétique
      - Qualité de l'air
      - Night Sky Radiation

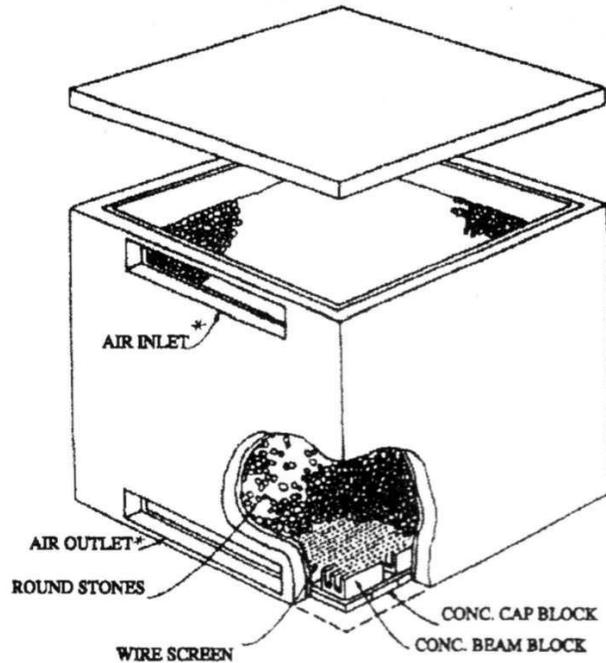
# Efficacité des collecteurs

- Paramètres augmentant l'efficacité / le rendement :

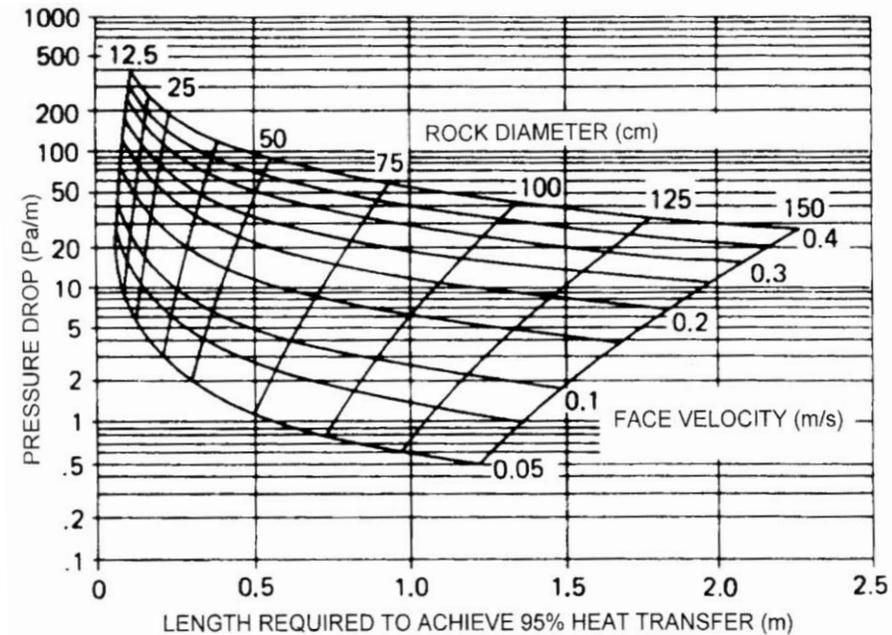


# Efficacité des collecteurs

- Accumulation thermique
  - Sensible: dans des roches

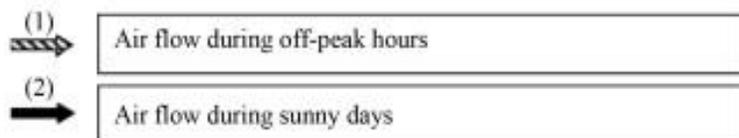
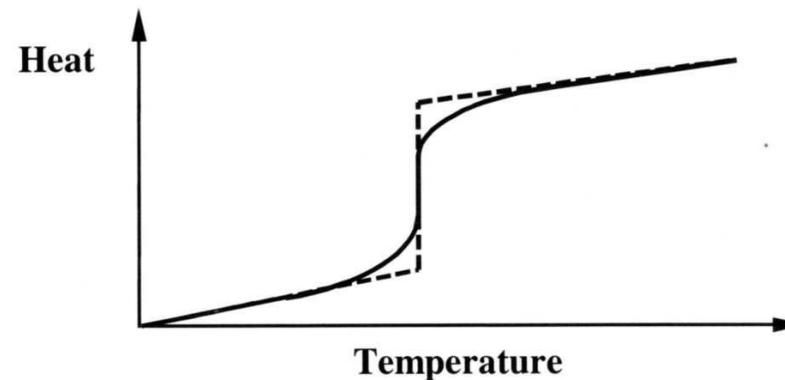
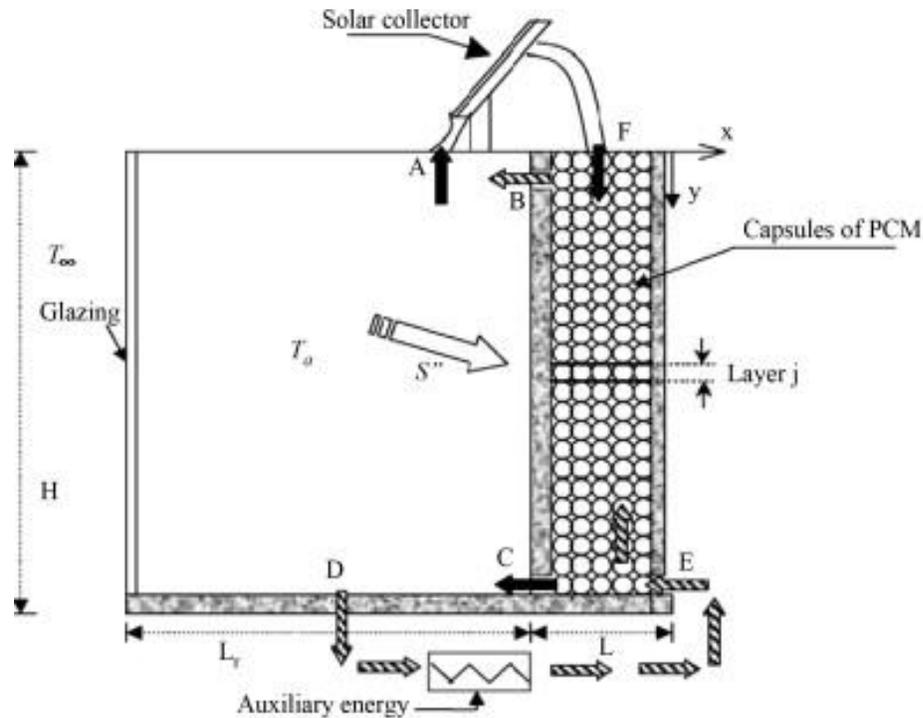


Dans ce cours, un module complet est dédié aux techniques de stockage.



# Efficacité des collecteurs

- Accumulation thermique
  - Latent : dans des matériaux à changement de phase



V.V.Tyagi & al., 2012, *Review on solar air heating system with and without thermal energy storage system*, Renewable and Sustainable Energy Reviews

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Éléments de base des systèmes et familles de systèmes
- Collecteurs pour chauffage d'air
  - Types
  - Applications
- Collecteurs pour production d'électricité – cheminées solaires
- Efficacité des collecteurs
- ***Conception d'un système solaire aéraulique***
- Conclusion

# Conception

- Principal défi : coordination avec les acteurs
- Évaluation de la Fraction solaire, c-à-d de la part du chauffage réalisée par le système.
- Selon le marché visé, les attentes seront différentes :

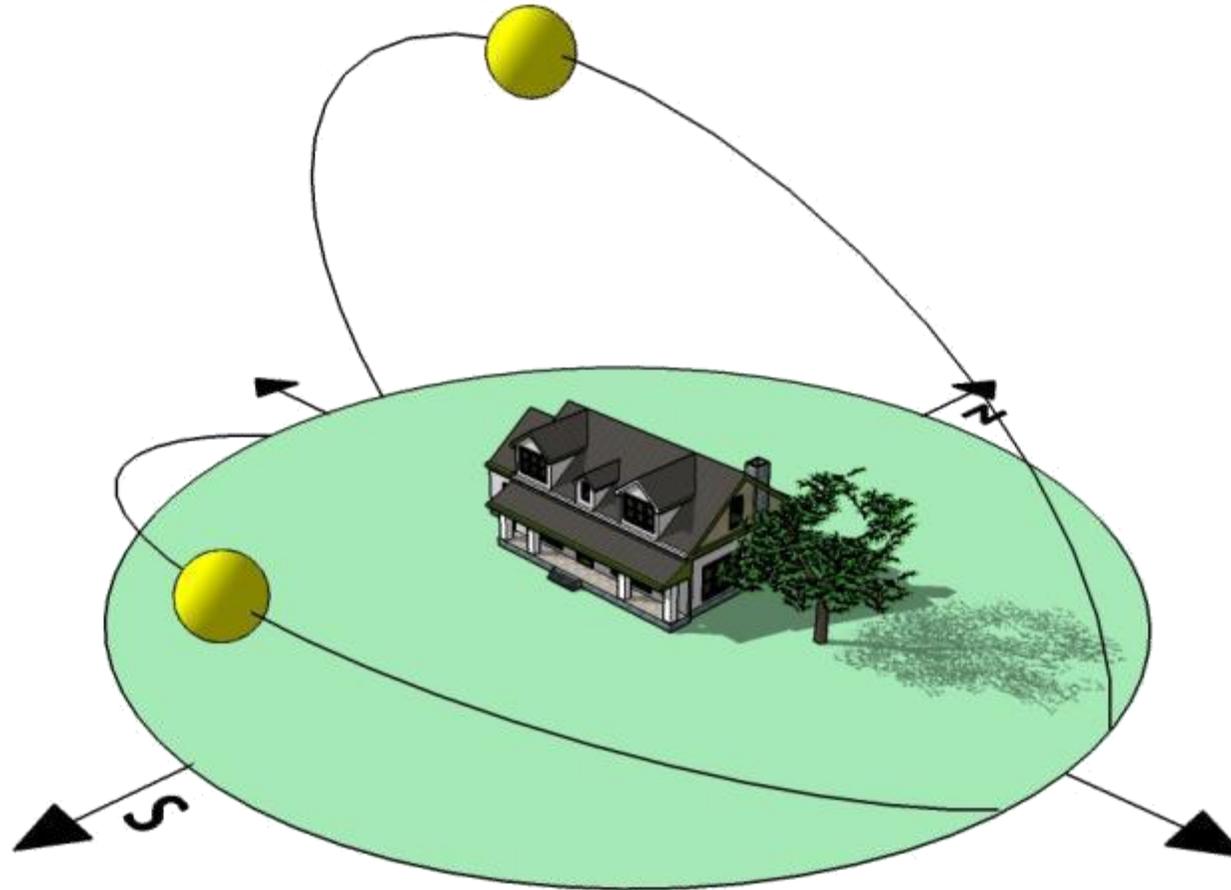


PRI ↓ - \$\$ ↑ - Esthétique ↓ -  
Simulations

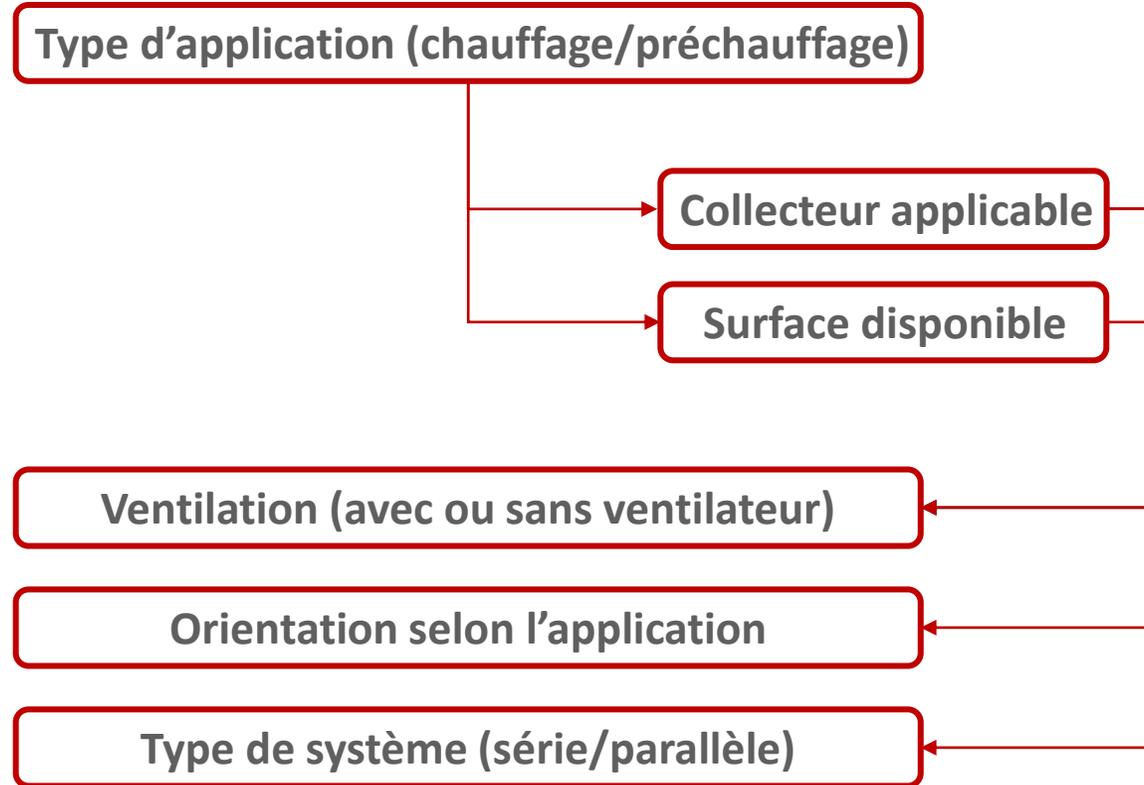


PRI ↑ - \$\$ ↓ - Esthétique ↑ - Règles du  
pouce

# Conception

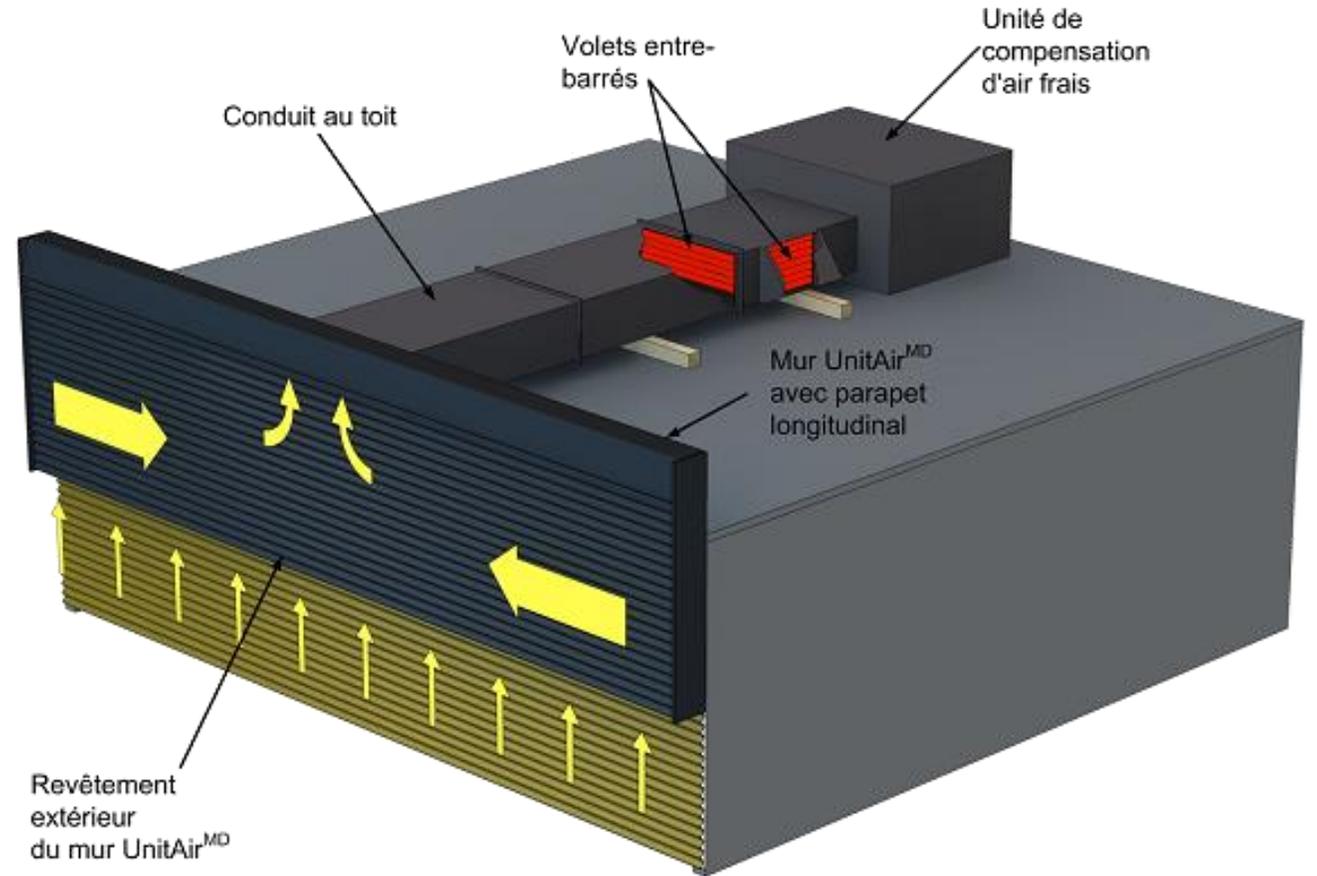


# Conception



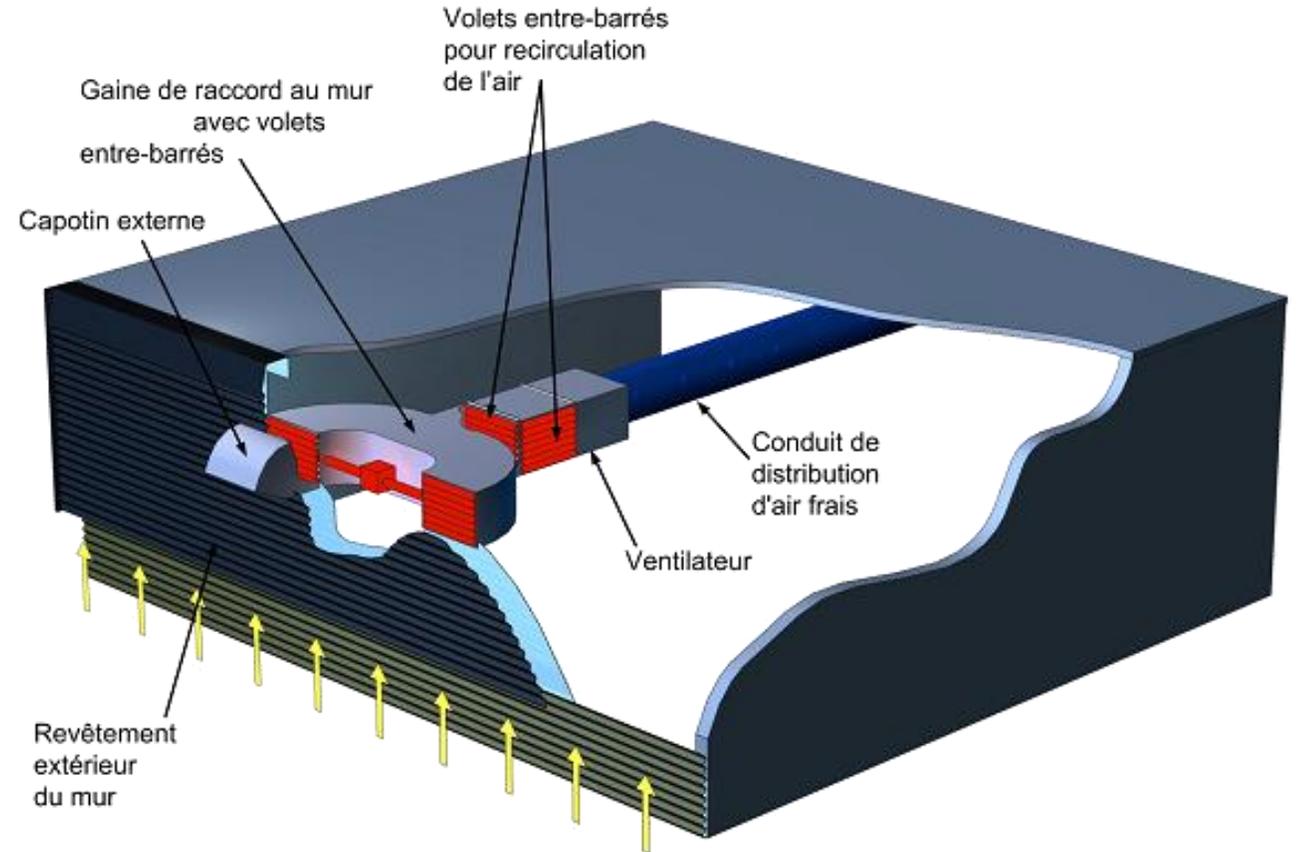
# Conception

- Application la plus connue
- Tout gain thermique est un gain utile
- Opération de l'unité de ventilation est un facteur critique !



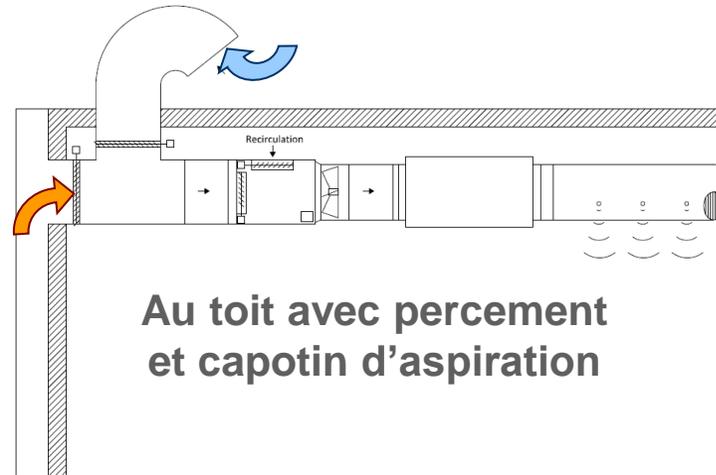
# Conception

- Gains solaires en tout temps
- Mécanique indépendante
- Lien avec unité de ventilation via les contrôles
- Apport d'air oxygéné

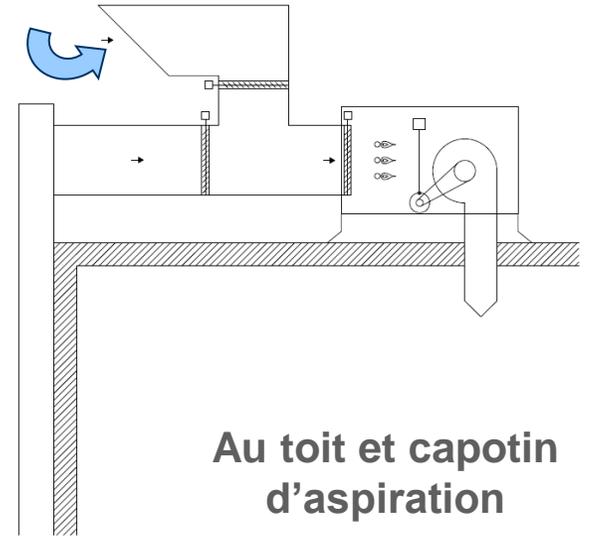


# Conception

- De très nombreuses possibilités d'architecture :



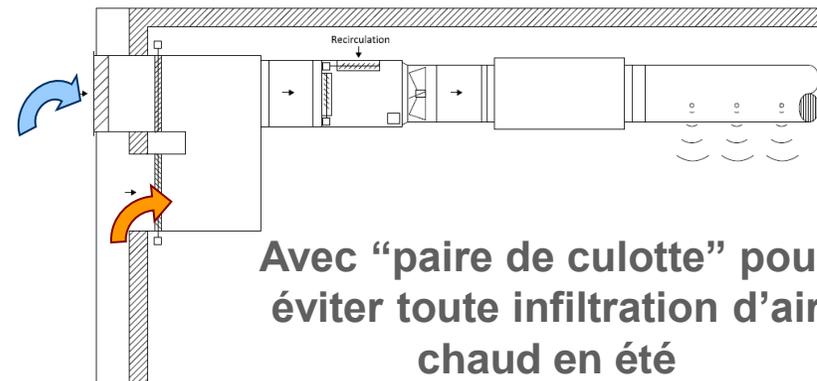
Au toit avec percement et capotin d'aspiration



Au toit et capotin d'aspiration



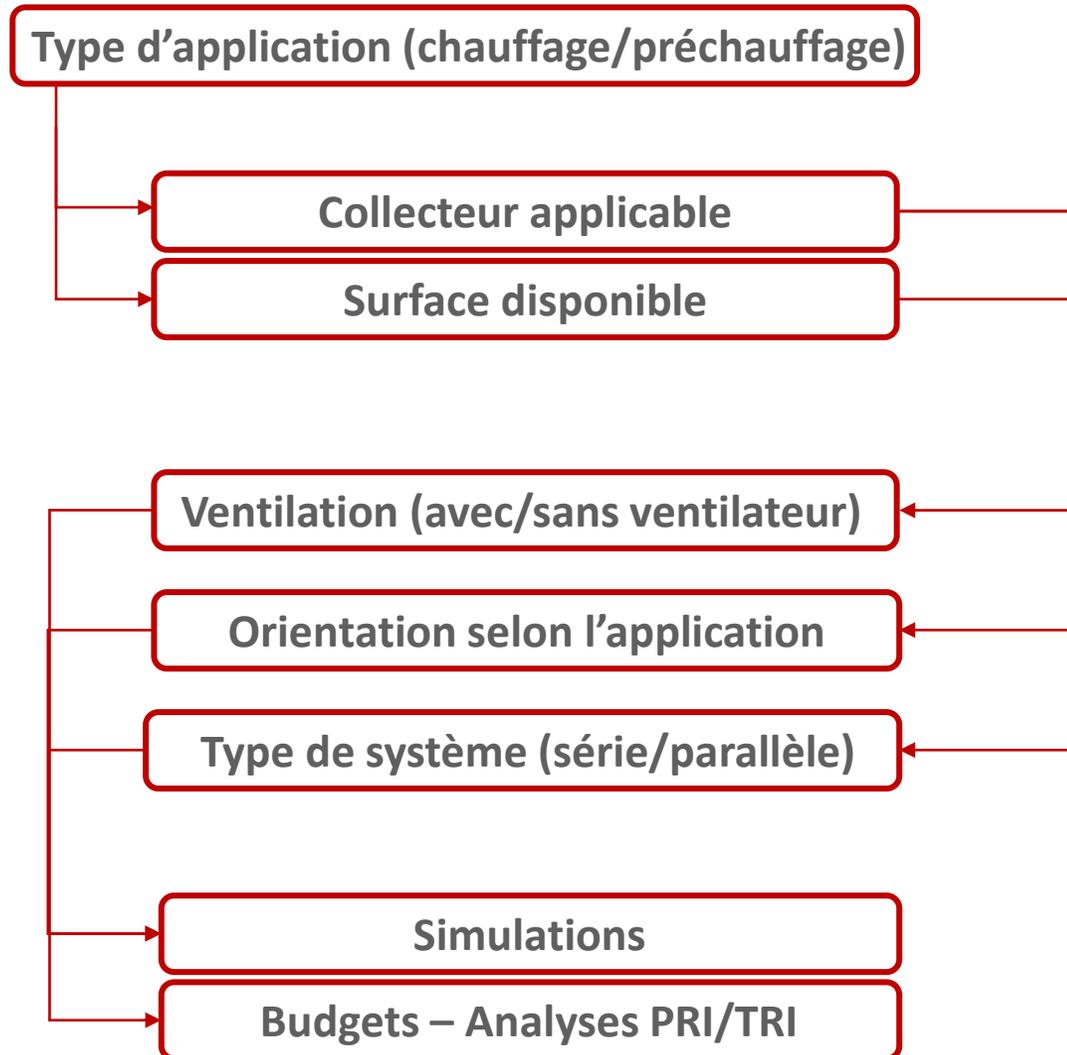
Avec persienne motorisée positionnée devant l'entrée d'air



Avec "paire de culotte" pour éviter toute infiltration d'air chaud en été

Et plus ...

# Conception



# Conception

Pour assurer une bonne conception, la simulation aide grandement :

- Logiciels de simulation
  - Données mensuelles
    - RETScreen
    - SWIFT
  - Données horaires
    - T\*SOL PRO
    - TRNSYS

# Conception

- Les systèmes solaires de chauffage d'air peuvent avoir de très bonnes **PRI**, principalement grâce au **bas coût de certains systèmes**.
- Par exemple, la littérature fait état de systèmes de séchage de grain avec une PRI de 6 mois !
- Cependant, les situations sont très diverses et donc à évaluer au cas par cas.

# Simulations (RETScreen)

et de production de chaleur				
Technologie				
Système de chauffage solaire de l'air				
Caractéristiques de la charge				
Application				
	☐	Ventilation		
	○	Procédé		
Type d'établissement	Unité	Cas de référence	Cas proposé	
Température intérieure	Commercial			
Température de l'air - maximum	°C	30,0	30,0	
Valeur R - mur	°C	22,0	22,0	
	$qF - T_0$ (Btu/h)	15,0	15,0	
Débit d'air de conception	$q$ (l/min)	40 000	40 000	
Nb. de jours d'opération par semaine (jrs de semaine)	j/sem	5,0	5,0	
Nb. d'heures par jour (jrs de semaine)	h/j	16,0	16,0	
Nb. de jours d'opération par semaine (fins de semaine)	j/sem	2,0	2,0	
Nb. d'heures par jour (fins de semaine)	h/j	16,0	16,0	
<b>Portion d'utilisation dans le mois</b>				
	<b>Mois</b>			
	Janvier	100%	100%	
	Février	100%	100%	
	Mars	100%	100%	
	Avril	100%	100%	
	Mai	100%	100%	
	Jun	0%	0%	
	Juillet	0%	0%	
	Août	0%	0%	
	Septembre	100%	100%	
	Octobre	100%	100%	
	Novembre	100%	100%	
	Décembre	100%	100%	
Chaleur	Unité	Cas de référence	Cas proposé	Énergie économisée
	MWh	3 363	3 363	0%
				Surcoûts à l'investissement

# Simulations (RETScreen)

Évaluation des ressources

Système de positionnement solaire

Inclinaison

Azmut

Fixe
90.0
15.0

Afficher information

	Rayonnement solaire quotidien - horizontal	Rayonnement solaire quotidien - incliné
Mois	kWh/m <sup>2</sup> /j	kWh/m <sup>2</sup> /j
Janvier	1,53	3,14
Février	2,39	3,91
Mars	3,56	3,85
Avril	4,31	2,92
Mai	5,14	2,76
Juin	5,72	2,76
Juillet	5,81	2,91
Août	4,78	2,92
Septembre	3,75	3,08
Octobre	2,31	2,64
Novembre	1,28	1,83
Décembre	1,05	2,05
<b>Annuel</b>	<b>3,48</b>	<b>2,99</b>

Rayonnement solaire annuel - horizontal

Rayonnement solaire annuel - incliné

MWh/m <sup>2</sup>	1,27
MWh/m <sup>2</sup>	1,06

# Simulations (RETScreen)

**Système de chauffage solaire de l'air**

Type  
Objectif de conception  
Fabricant  
Modèle  
Absorptivité du capteur solaire  
Facteur de rendement  
Surface du capteur solaire  
Ombrage sur le capteur solaire - période d'utilisation  
Puissance supplémentaire de ventilation  
Prix de l'électricité

**Sommaire**

Électricité supplémentaire - ventilation  
Chaleur fournie  
Récupération des pertes de chaleur du bâtiment

**Système de production de chaleur**

Vérification du projet  
Type de combustible  
Rendement saisonnier  
Consommation de combustible - annuelle  
Prix du combustible  
Coût en combustible

Sans vitrage		
Mode standard		
Enerconcept Technologies		
Unité Wat		
	0,94	
	0,69	
m²	9,744	9 645
%		
W/m²		
\$/Wh		

	0,0	
MWh	214,1	
MWh	39,4	

	Cas de référence	Cas proposé	
	Gaz naturel - m³	Gaz naturel - m³	
	95%	95%	
m³	339 970,4	314 350,2	m³
\$/m³	0,600	0,600	\$/m³
\$	203 987	188 615	

\$ 131 160

[Afficher l'information](#)

[Base de données de produits](#)

# Simulations (RETScreen)

## Analyse des émissions

### Émissions de GES

Cas de référence	tCO2	633,7		
Cas proposé	tCO2	586,0		
Réduction annuelle brute d'émissions de GES	tCO2	47,8		
Frais de transaction pour les crédits de GES	%			
Réduction annuelle nette d'émissions de GES	tCO2	47,8	est équivalente à	87 Automobiles et camions légers non utilisés
<b>Revenu pour réduction de GES</b>				
Crédit pour réduction de GES	\$tCO2			

## Analyse financière

### Paramètres financiers

Taux d'inflation	%	3,5%
Durée de vie du projet	an	25
Ratio d'endettement	%	20%
Taux d'intérêt sur la dette	%	10,00%
Durée de l'emprunt	an	3

### Coûts d'investissement

Système de production de chaleur	\$	131 160	100,0%
Autre	\$		0,0%
<b>Total des coûts d'investissement</b>	\$	131 160	100,0%

### Encouragements et subventions

	\$	64 856	49,4%
--	----	--------	-------

### Frais annuels et paiements de la dette

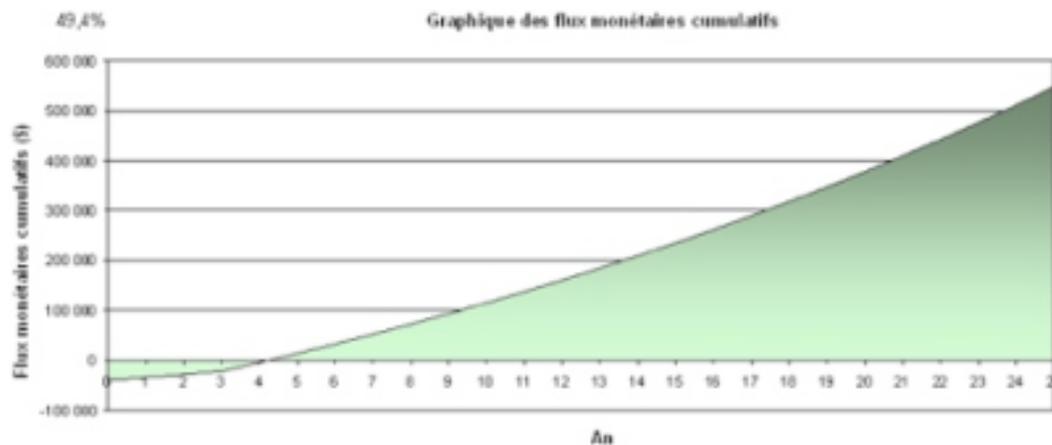
Coûts (économies) d'exploitation et entretien	\$	
Coût en combustible - cas proposé	\$	188 615
Paiements de la dette - 3 ans	\$	10 548
Autre	\$	
<b>Total des frais annuels et paiements de la dette</b>	\$	199 163

### Économies et revenus annuels

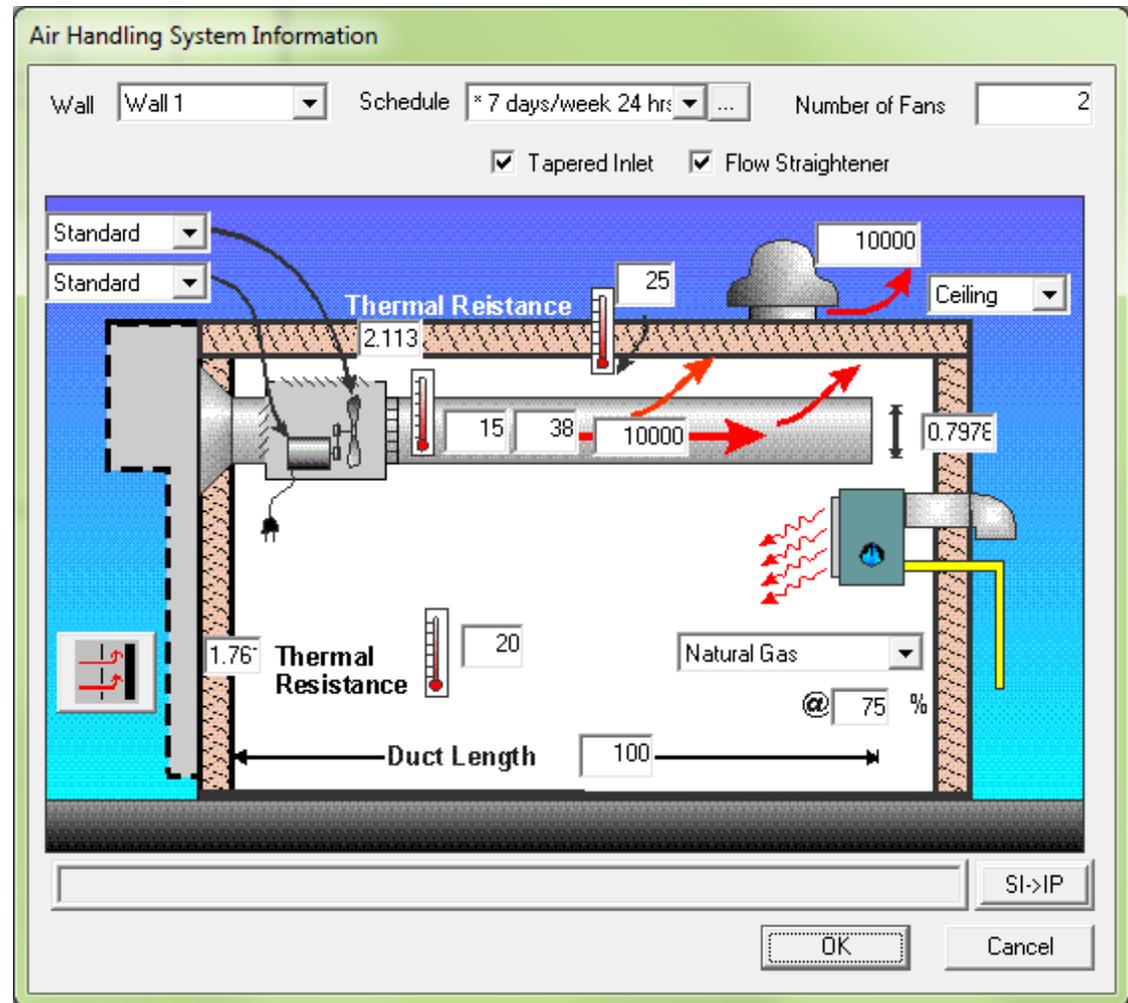
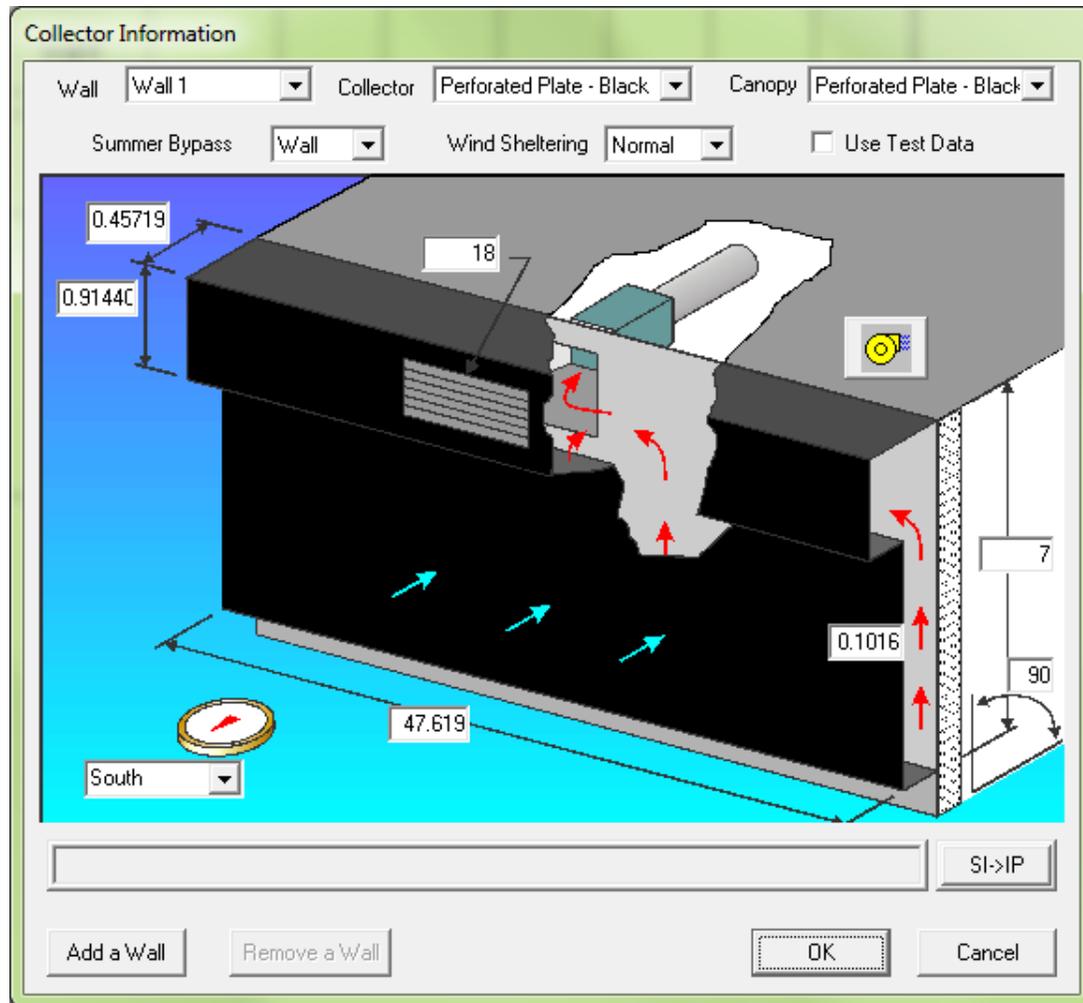
Coût en combustible - cas de référence	\$	203 907
Autre	\$	
<b>Total des économies et des revenus annuels</b>	\$	203 907

### Viabilité financière

TRI avant impôt - capitaux propres	%	30,3%
TRI avant impôt - actifs	%	21,2%
Retour simple	an	4,3
Retour sur les capitaux propres	an	4,3



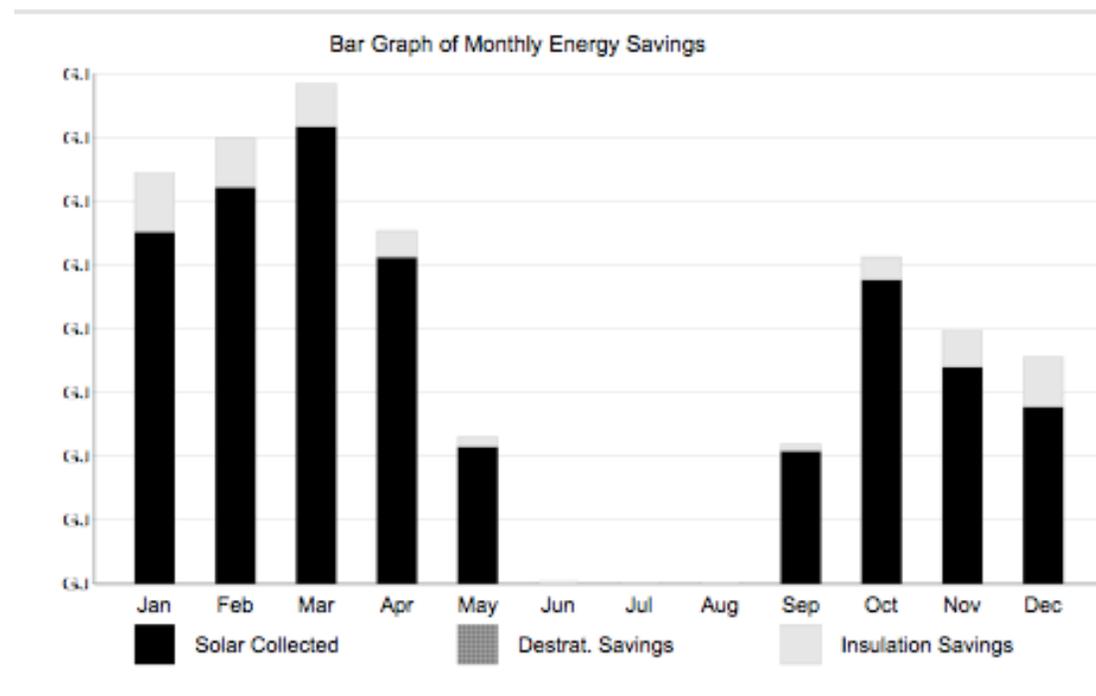
# Simulations (SWIFT)



# Simulations (SWIFT)

Month	Degree-Days Base (18°C)	Solar Radiation Incident (GJ)	Solar Radiation Incident Operational (GJ)	Average Daytime Temp. Rise (°C)	Solar Energy Collected (GJ)	Insulation Savings (GJ)	Destrat. Savings (GJ)	Total Savings (GJ)
January	883	124.8	91.9	2.6	55.2	9.2	N/A	64.5
February	768	130.7	101.8	3.0	62.2	7.7	N/A	70.0
March	664	163.6	122.1	2.8	71.7	6.7	N/A	78.5
April	385	134.7	89.9	2.1	51.2	4.2	N/A	55.4
May	164	136.1	41.6	1.7	21.5	1.6	N/A	23.1
June	20	138.5	0.0	0.0	0.0	0.4	N/A	0.4
July	10	154.7	0.0	0.0	0.0	0.3	N/A	0.3
August	16	133.6	0.0	0.0	0.0	0.3	N/A	0.3
September	113	146.2	42.6	1.8	20.9	1.1	N/A	22.0
October	318	118.1	89.9	2.0	47.7	3.6	N/A	51.3
November	505	68.9	56.4	1.7	34.0	5.7	N/A	39.7
December	770	80.8	48.3	1.6	27.8	7.8	N/A	35.6
<b>TOTAL</b>	<b>4615</b>	<b>1530.7</b>	<b>684.8</b>	<b>2.2</b>	<b>392.4</b>	<b>48.7</b>	<b>N/A</b>	<b>441.1</b>

ANNUAL SYSTEM PERFORMANCE				
	PERFORMANCE		LOAD	
	Solar	Total	Daytime	Total
Annual Savings (GJ/m²)	0.96	1.08	4043.09	4850.20
Collector Efficiency (%)	57	---	Ventilation Load by Collector (%)	11      9



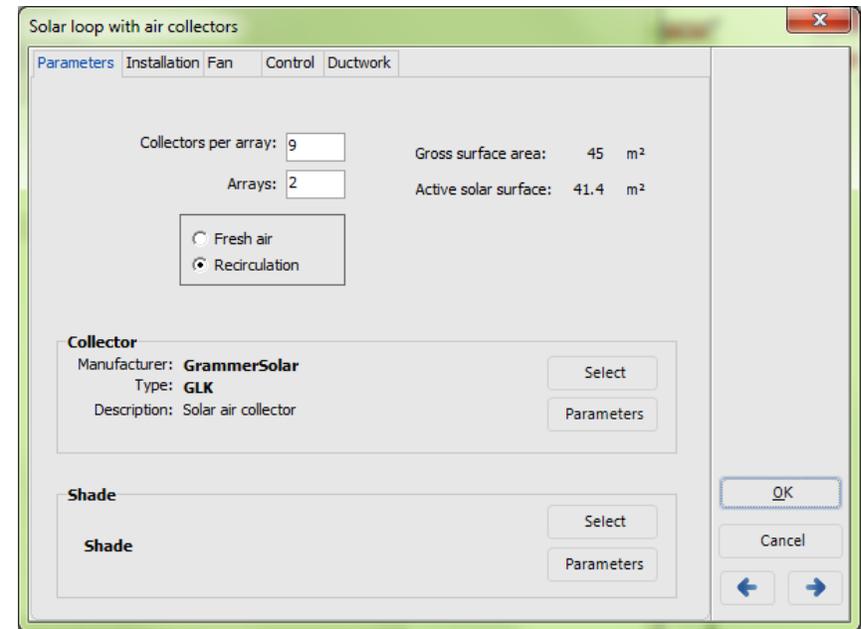
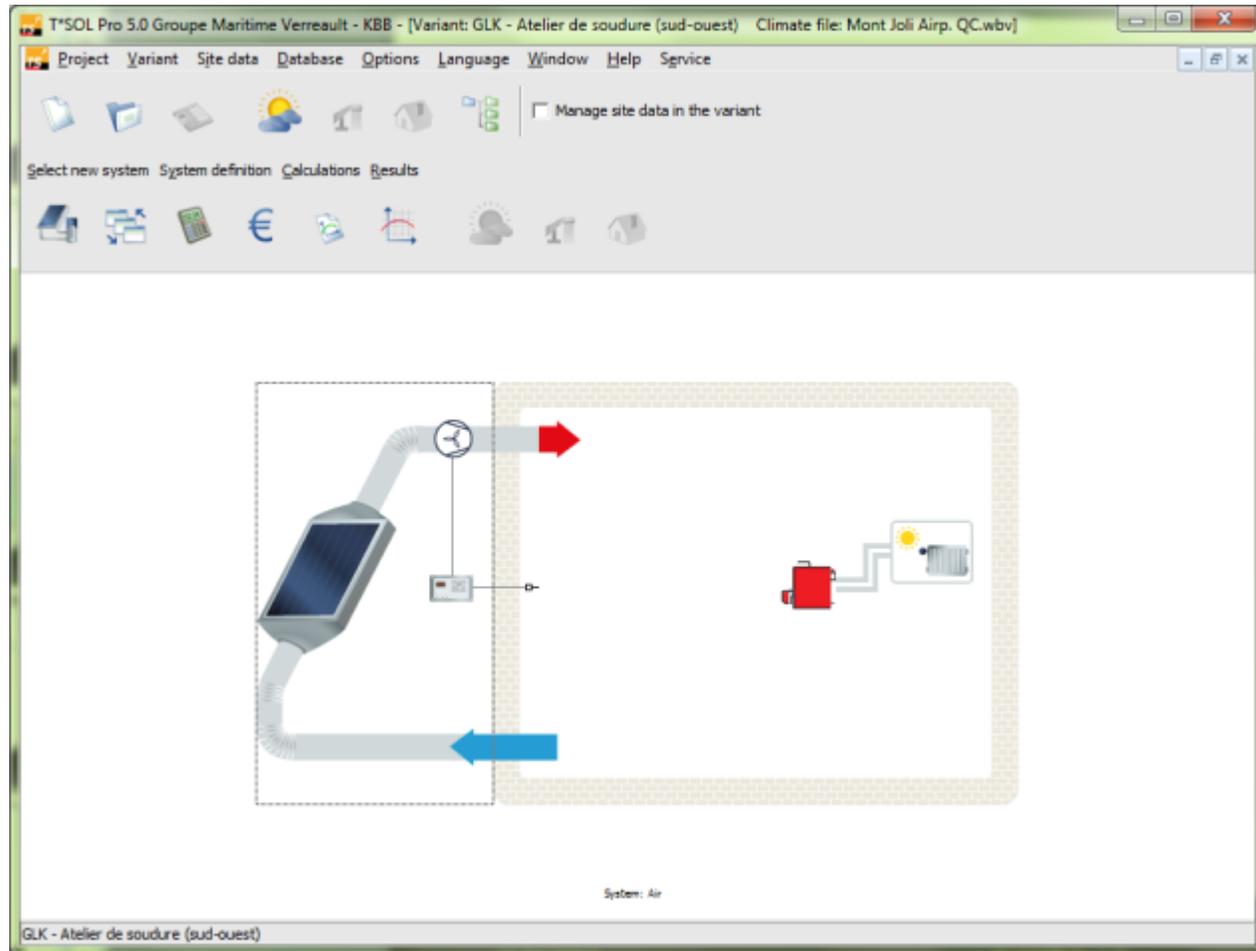
# Simulations (SWIFT)

PROJECT INFORMATION	
CLIENT	DEALER / SIMULATOR
Name:	Name:
Job:	Address:
Address:	Telephone:
Telephone:	Fax:
Fax:	E-mail:
E-mail:	Website:
Contact:	

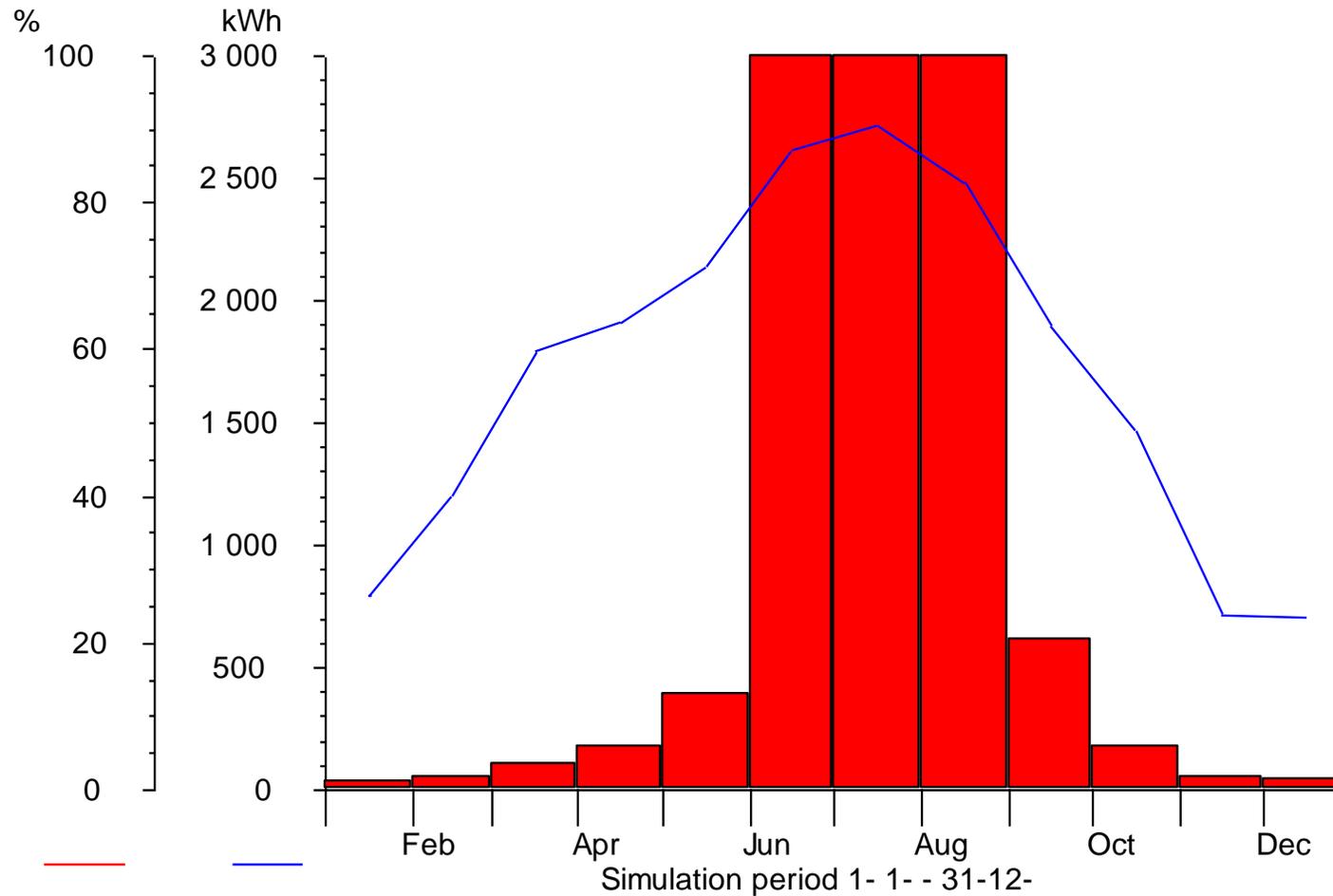
ANNUAL RESULTS				
System	Size (m <sup>2</sup> )	Energy Savings (GJ)	Fuel Savings	Cost Savings (\$)
Wall 1	244.04	251.8	9938.4 Propane ( l )	5307.09
Wall 2	164.45	189.3	7473.9 Propane ( l )	3991.07
Total	408.49	441.1		9298.16

FINANCIAL RESULTS				
COSTS			BENEFITS/PAYBACK	
Capital Costs	\$	0	Simple Payback (yrs)	0.0
Grant / Subsidy	\$	0	Internal Rate of Return (%/yr)	N/A
Capital Cost Credits	\$	0	Life Cycle Savings (\$)	N/A
Net Cost	\$	0	Reduced CO2 Emissions (tonnes/yr)	27.8

# Simulations (T\*SOL)



# Simulations (T\*SOL)



■ Total sol fraction 5.5 %

— E Air heating 20 443 kWh

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Éléments de base des systèmes et familles de systèmes
- Collecteurs pour chauffage d'air
  - Types
  - Applications
- Collecteurs pour production d'électricité – cheminées solaires
- Efficacité des collecteurs
- Conception d'un système solaire aéraulique
- ***Conclusion***

# Conclusions

- Systèmes de chauffage d'air efficaces et rentables;
- Particulièrement intéressant dans le cas d'un bâtiment neuf;
- Systèmes de cheminées solaires non matures;
- Dimensionnement comparable aux systèmes hydroniques;
- Types de collecteurs très divers, à choisir en fonction de l'application et du climat.



**Merci de votre attention !**

Si vous avez des questions à formuler, veuillez les poser par écrit et spécifier le nom et le numéro de la présentation. Nous vous répondrons le plus rapidement possible.

# Période de questions

