



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac



**CYTHELIA sarl**

Savoie-Technolac, Bât. Aero, F-73370 Le Bourget du Lac

Tel:+33(0)4 79 25 31 75 Fax:+33(0)4 79 25 33 09 APE :731 Z

SARL au capital de 100 000 F. RCS Chambéry: B 393 290 937

[www.cythelia.fr](http://www.cythelia.fr) e-mail: [ar@cythelia.fr](mailto:ar@cythelia.fr)

 Menu





**CYTHELIA sarl**

Savoie-Technolac, Bât. Aero, F-73370 Le Bourget du Lac

Tel:+33(0)4 79 25 31 75 Fax:+33(0)4 79 25 33 09 APE :731 Z

SARL au capital de 100 000 F. RCS Chambéry: B 393 290 937

[www.cythelia.fr](http://www.cythelia.fr) e-mail: [ar@cythelia.fr](mailto:ar@cythelia.fr)



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac



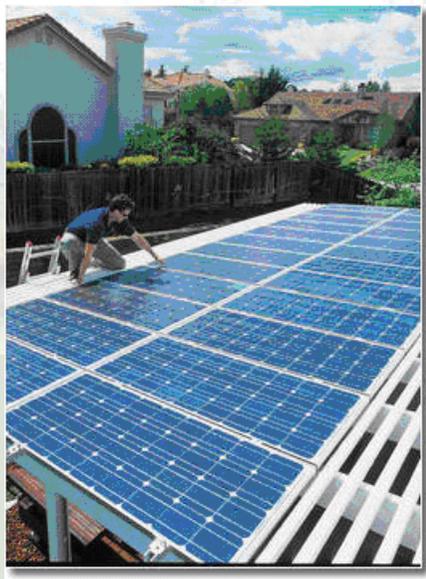
**CYTHELIA sarl**

Savoie-Technolac, Bât. Aero, F-73370 Le Bourget du Lac

Tel: +33(0)4 79 25 31 75 Fax: +33(0)4 79 25 33 09 APE : 731 Z

SARL au capital de 100 000 F. RCS Chambéry: B 393 290 937

[www.cythelia.fr](http://www.cythelia.fr) e-mail: [ar@cythelia.fr](mailto:ar@cythelia.fr)



présente



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac



**CYTHELIA sarl**

Savoie-Technolac, Bât. Aero, F-73370 Le Bourget du Lac

Tel:+33(0)4 79 25 31 75 Fax:+33(0)4 79 25 33 09 APE :731 Z

SARL au capital de 100 000 F. RCS Chambéry: B 393 290 937

[www.cythelia.fr](http://www.cythelia.fr) e-mail: [ar@cythelia.fr](mailto:ar@cythelia.fr)

 Menu



# La maison « ZÉRO ÉNERGIE »

Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac



**CYTHELIA sarl**

Savoie-Technolac, Bât. Aero, F-73370 Le Bourget du Lac

Tel:+33(0)4 79 25 31 75 Fax:+33(0)4 79 25 33 09 APE :731 Z

SARL au capital de 100 000 F. RCS Chambéry: B 393 290 937

[www.cythelia.fr](http://www.cythelia.fr) e-mail: [ar@cythelia.fr](mailto:ar@cythelia.fr)

 Menu



# La maison « ZÉRO ÉNERGIE »

# MENU

*Vous pouvez accéder directement aux chapitres suivants :*  
(si aucune action, le diaporama se poursuit après 10 secondes)

- Qu'est-ce qu'une maison "Zéro énergie" ?
- Solutions apportées sur l'enveloppe
- Solutions apportées par la ventilation
- Solutions apportées sur l'eau chaude sanitaire
- Solutions apportées sur l'électricité spécifique
- Bilans énergétiques et financiers

# Qu'est ce qu'une maison « **Zéro énergie** » ?

Les besoins en énergie d'une maison :

- **Le chauffage**
- **La ventilation**
- **Le rafraîchissement d'été**
- **L'eau chaude sanitaire**
- **L'électricité spécifique**

Dans une maison « **Zéro énergie** »

Énergie produite par la maison = Énergie annuelle consommée

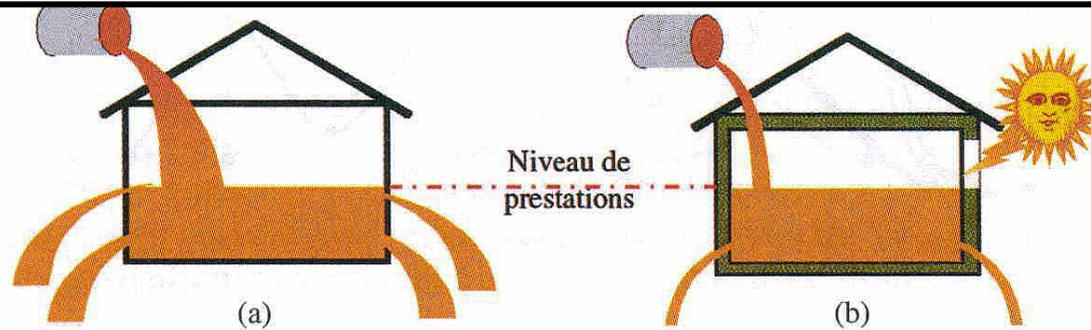
# Qu'est ce qu'une maison « **Zéro énergie** » ?

Énergie produite par la maison = Énergie annuelle consommée

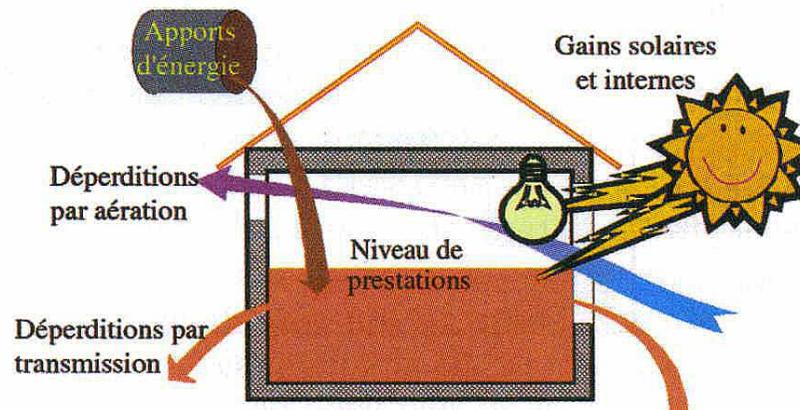
**Pour cela, la conception de la maison s'appuie sur 5 concepts :**

- Super isolation de l'enveloppe
- Solaire passif : ouvertures et casquettes
- Efficacité énergétique : appareils à haute performance
- Sobriété énergétique : utilisation raisonnable des usagers
- Énergies renouvelables décentralisées :
  - Solaire thermique
  - Solaire photovoltaïque couplé au réseau
  - Pompe à chaleur
  - Puits canadien en option
  - Petite éolienne en option

# Qu'est ce qu'une maison « Zéro énergie » ?



Le bâtiment est un tonneau des Danaïdes: on maintient le confort grâce à un flux d'énergie  
a) bâtiment mal isolé; (b) bâtiment correct.

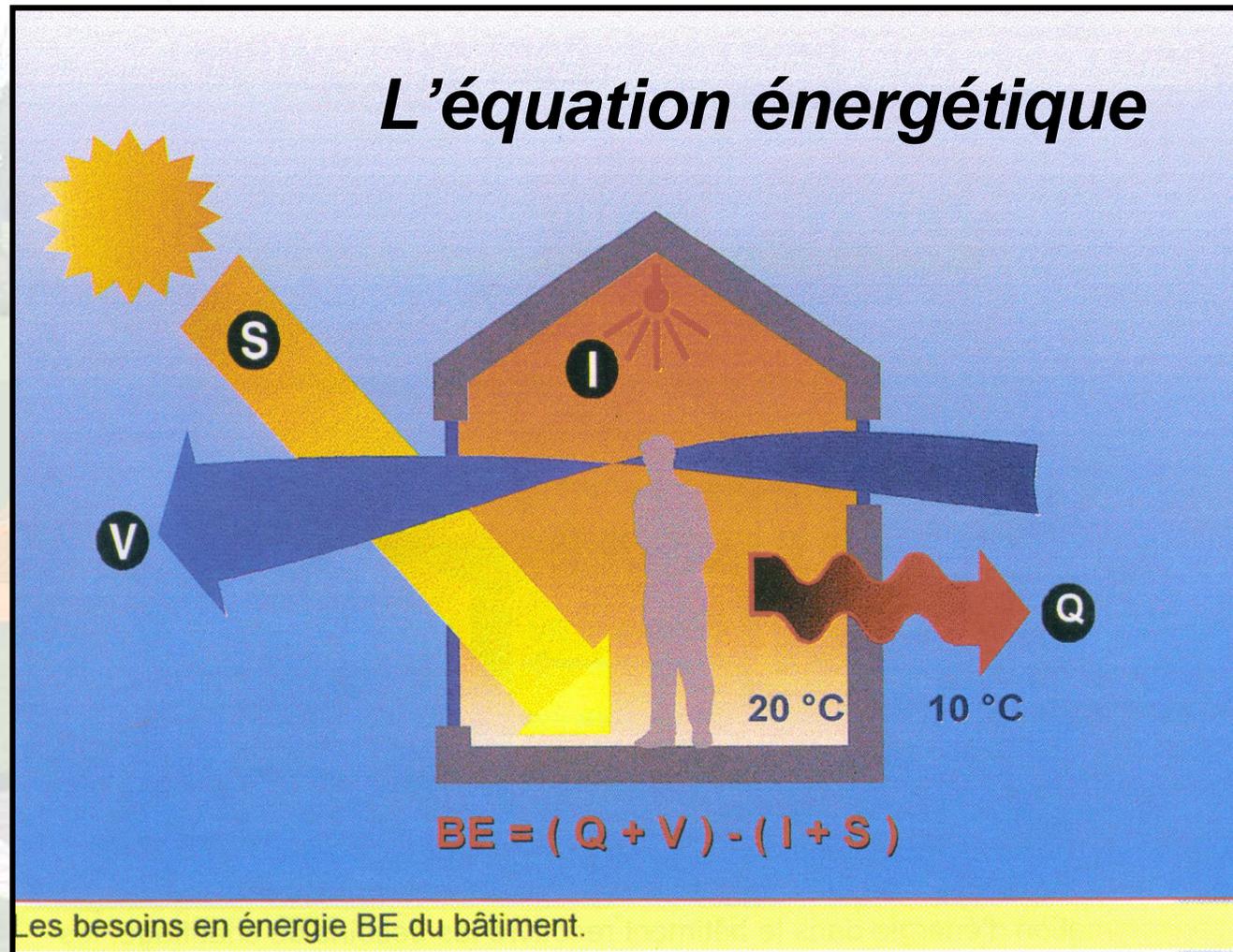


Les principaux flux de chaleur au travers du bâtiment.

Source: CI Alain Roulet: Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments (PPUR-Lausanne 2004)

Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

Qu'est ce qu'une maison « **Zéro énergie** » ?



Source: *Guide de l'architecture bioclimatique, Systèmes Solaires, Paris 1998*

Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

# Qu'est ce qu'une maison « Zéro énergie » ?

## ÉVOLUTION DES CONSOMMATIONS DOMESTIQUES

Consommations en kWh/m<sup>2</sup>.an (10 kWh # 1 litre de fioul )

**1970**

- Enveloppe 130
- Renouvellement d'air 50
- Eau chaude sanitaire 30
- Électricité spécifique 80
- **TOTAL kWh /m<sup>2</sup> .an 290**

# Qu'est ce qu'une maison « **Zéro énergie** » ?

## ÉVOLUTION DES CONSOMMATIONS DOMESTIQUES

**Consommations en kWh/m<sup>2</sup>.an** (10 kWh # 1 litre de fioul )

	<b>1970</b>	<b>1988</b>
• Enveloppe	130	50
• Renouvellement d'air	50	30
• Eau chaude sanitaire	30	30
• Électricité spécifique	80	50
• <b>TOTAL kWh /m<sup>2</sup> .an</b>	<b>290</b>	<b>160</b>

# Qu'est ce qu'une maison « Zéro énergie » ?

## ÉVOLUTION DES CONSOMMATIONS DOMESTIQUES

Consommations en kWh/m<sup>2</sup>.an (10 kWh # 1 litre de fioul )

	1970	1988	« Zén »
• Enveloppe	130	50	10
• Renouvellement d'air	50	30	15
• Eau chaude sanitaire	30	30	20
• Électricité spécifique	80	50	25
• <b>TOTAL kWh /m<sup>2</sup> .an</b>	<b>290</b>	<b>160</b>	<b>70</b>



# **SOLUTIONS APPORTÉES SUR L'ENVELOPPE**

Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

■	Menu
•	Enveloppe
■	Ventilation
■	Eau chaude sanitaire
■	Électricité spécifique

# SOLUTIONS APPORTÉES SUR L'ENVELOPPE

## – Minimiser les déperditions : super-isolation

- Brique monomur ou ossature bois + laine de cellulose
- Double vitrages + volets, double fenêtres ou triple vitrage
- Élimination des ponts thermiques

## –Maximiser le solaire passif

- Vitrages, orientations, volets inertiels à restitution nocturne
- Casquettes
- Véranda

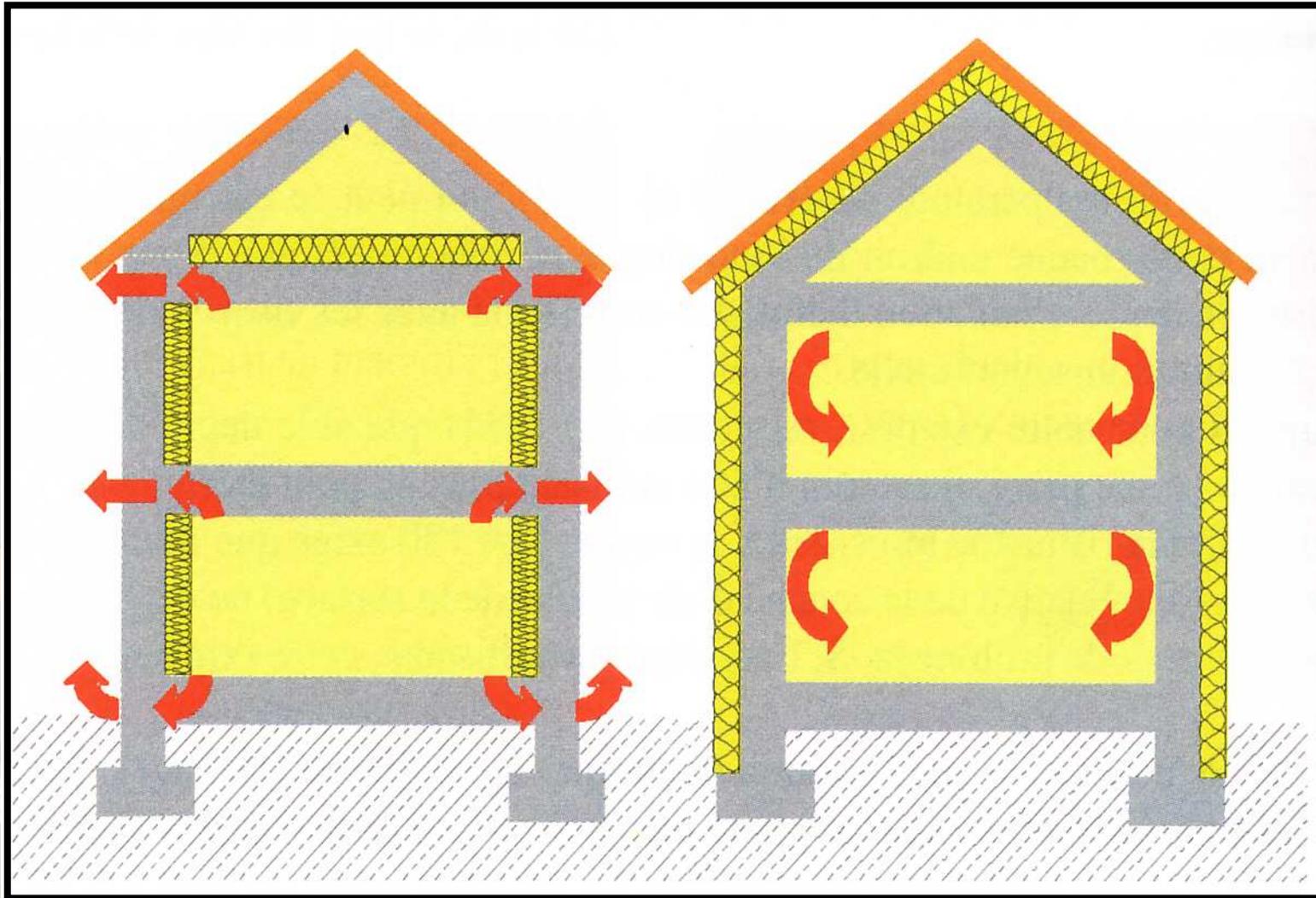
## –Valoriser les apports gratuits

- Habitants, cuisine, TV, électroménager, informatique, éclairage, etc...

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# SUPER ISOLATION

Préférer l'isolation par l'extérieur

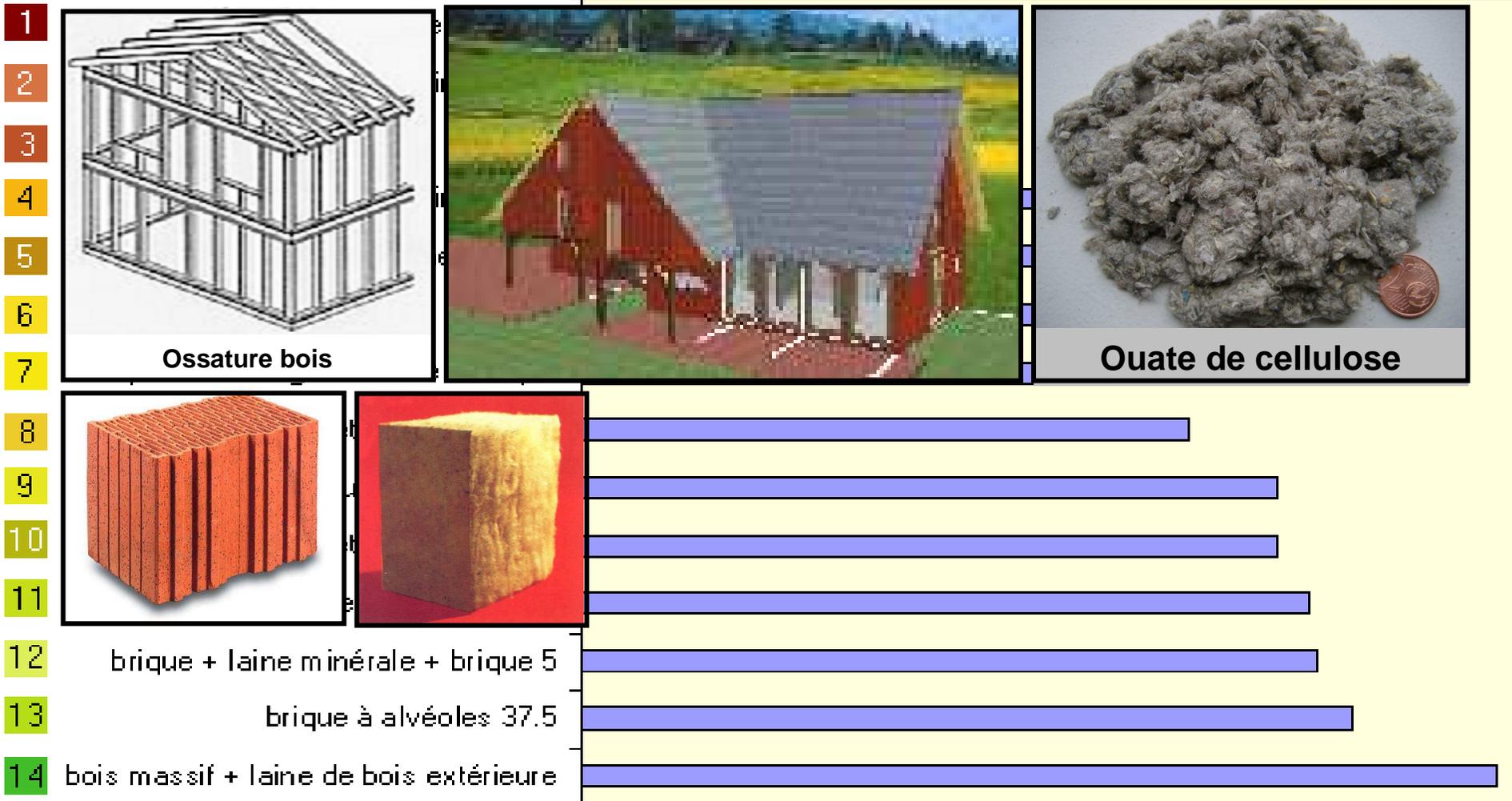


- Menu
- **Enveloppe**
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# SUPER ISOLATION

## Matériaux comparés

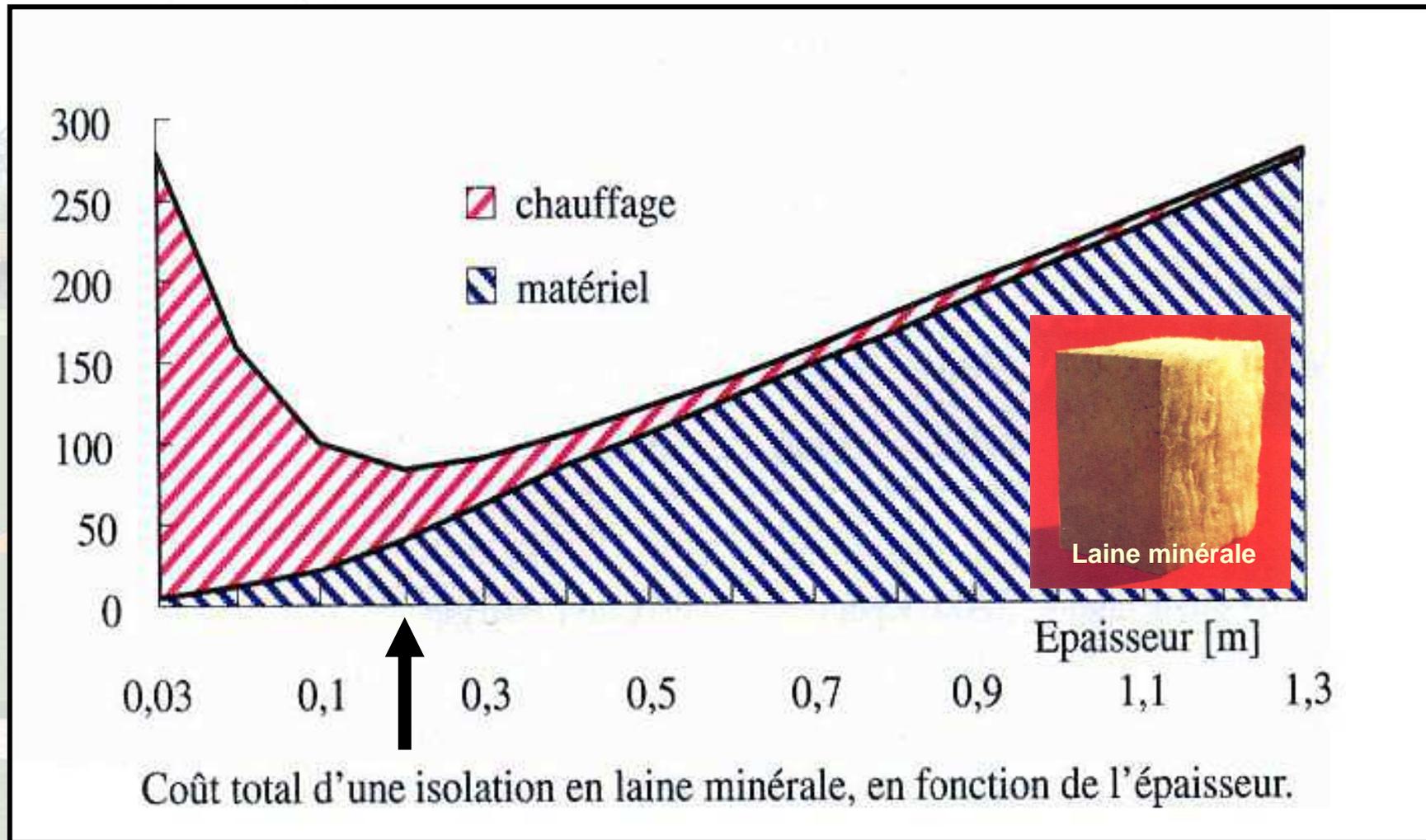
note/20    2.0    4.0    6.0    8.0    10.0    12.0    14.0    16.0    18.0



- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# SUPER ISOLATION

## Épaisseur optimale d'isolant



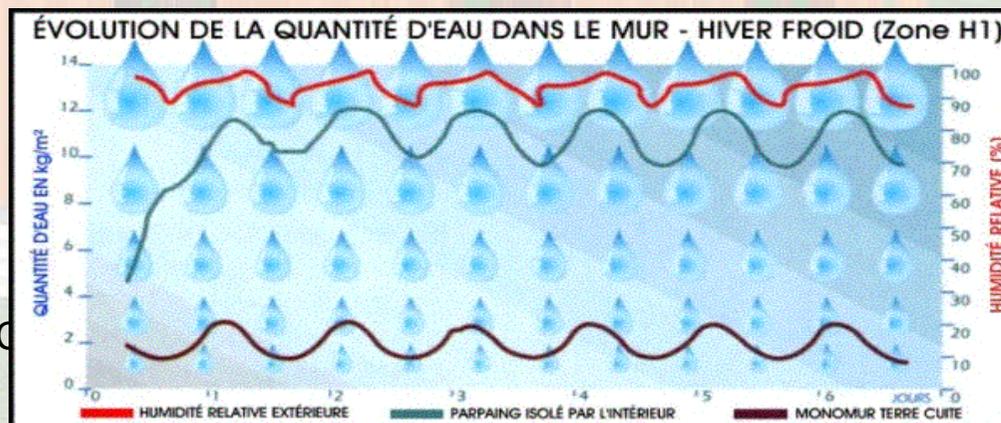
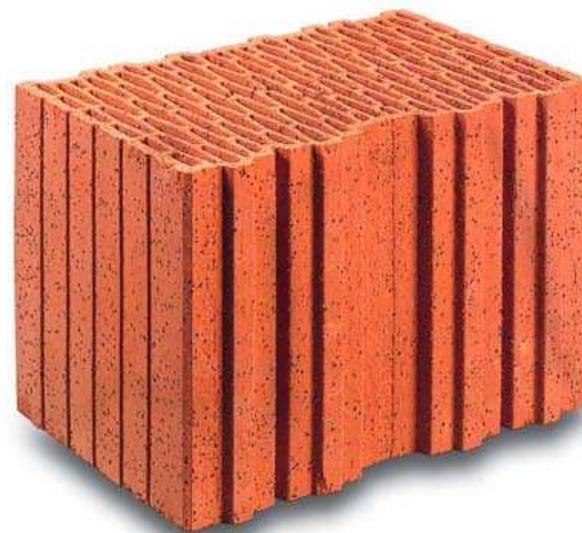
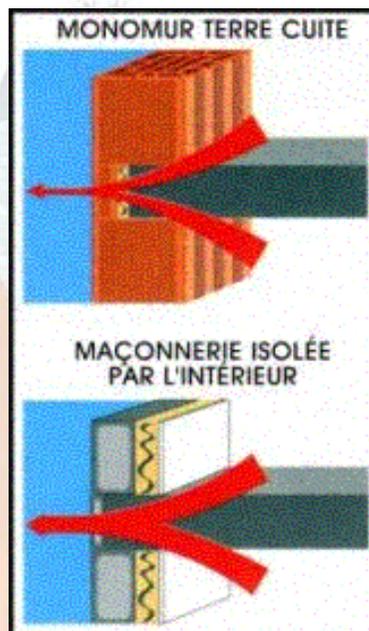
- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# SUPER ISOLATION

## Brique monomur

### Monomur en terre cuite : (37.5cm)

- Très bon isolant  
(0.38 W/m<sup>2</sup>K)
- Grande inertie thermique  
(stockage inertiel)
- Réduction de ponts thermiques
- Excellente résistance mécanique
- Totalement incombustible
- Barrière hygrométrique



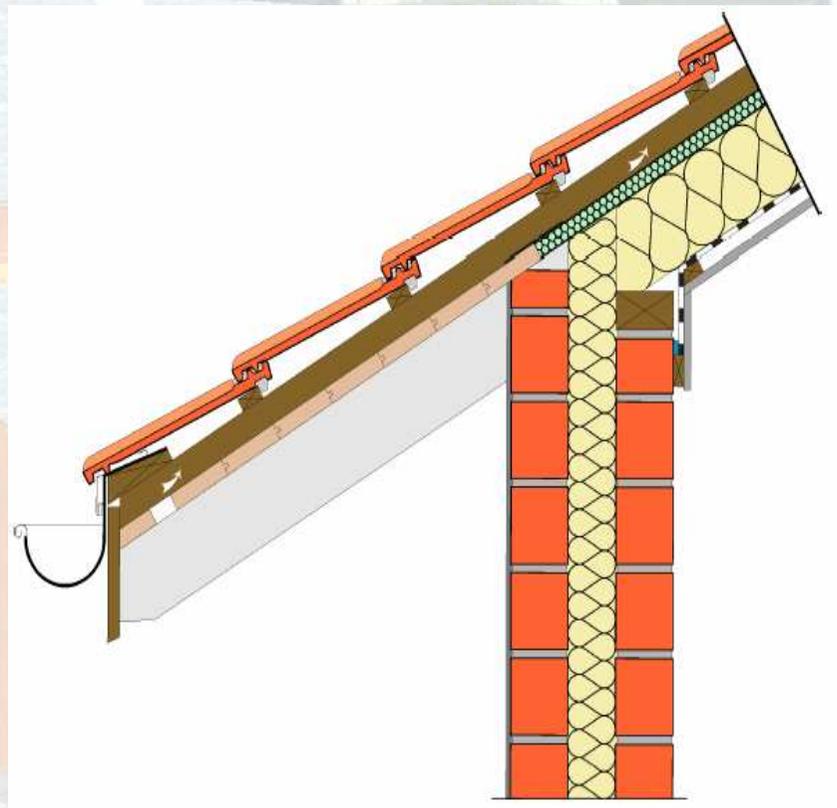
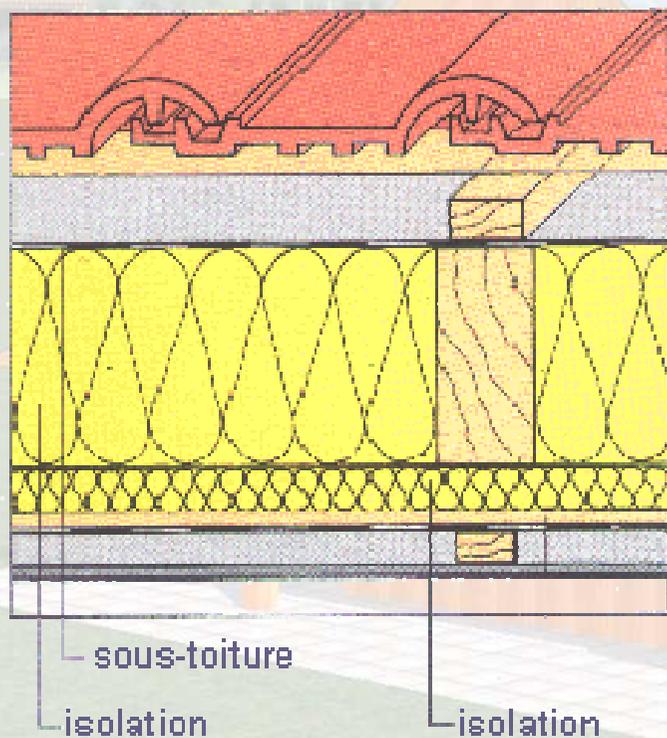
- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# SUPER ISOLATION

## Ponts thermiques

### TOITURE

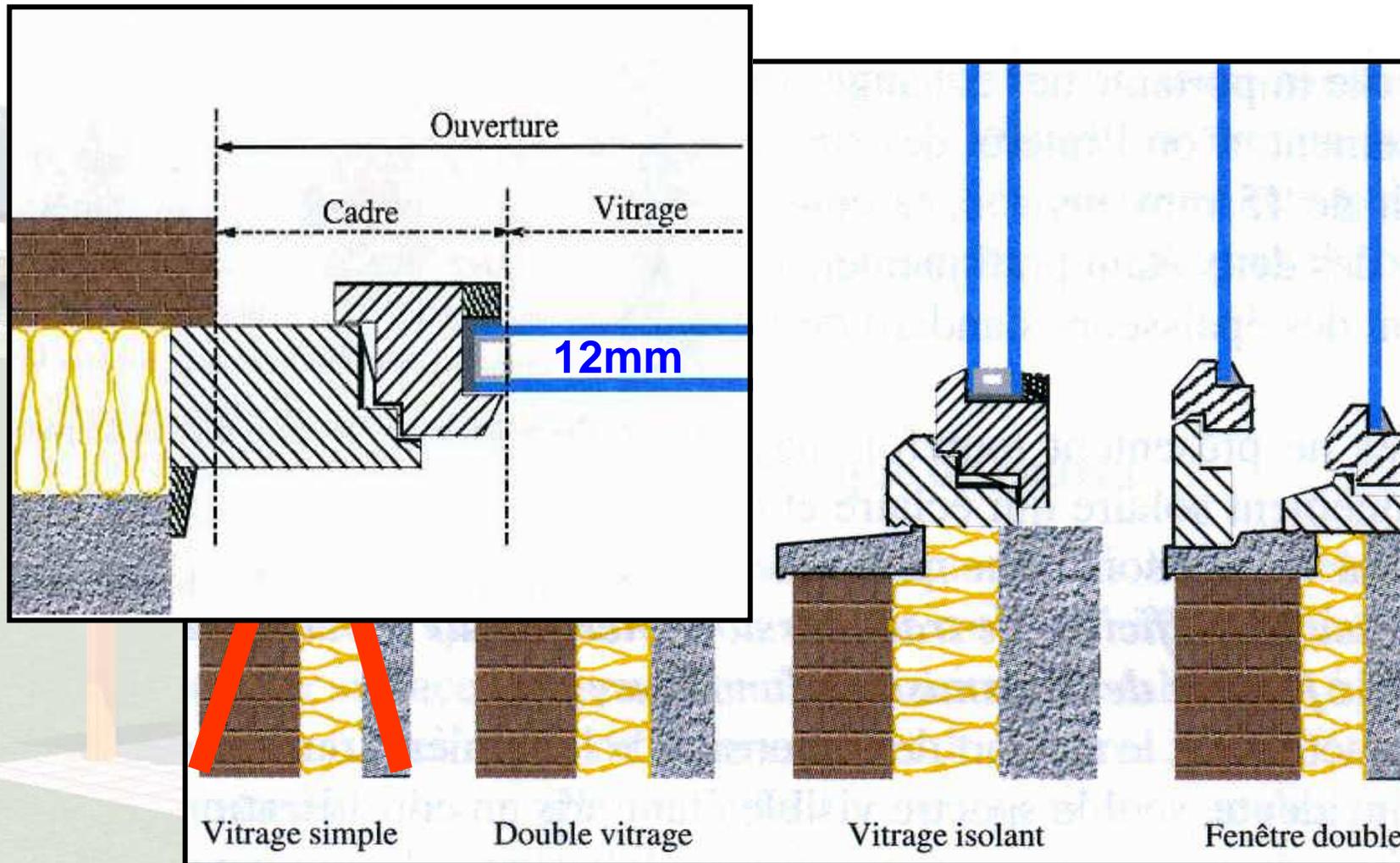
### Élimination des ponts thermiques



- Menu
- **Enveloppe**
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# SUPER ISOLATION

## Double vitrage ou fenêtre double ?

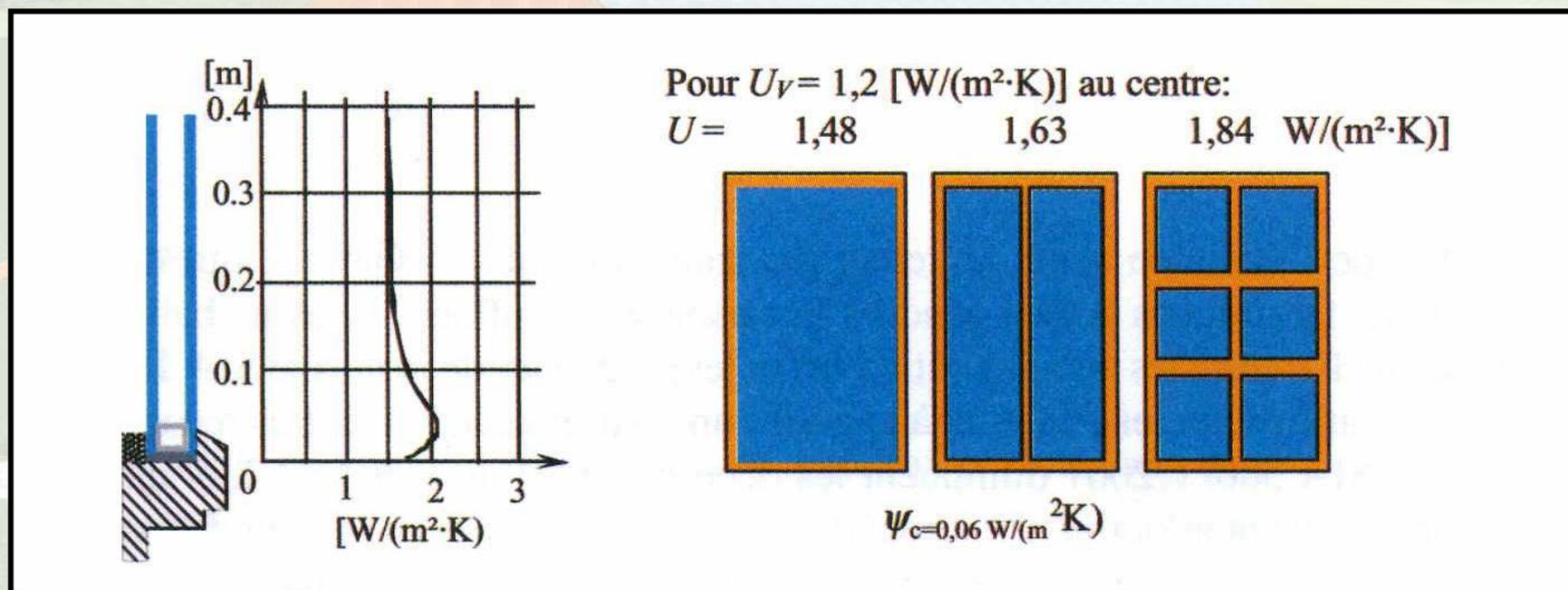


- Menu
- **Enveloppe**
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# SUPER ISOLATION

## Double vitrage + montants !

Double vitrage 4/12/4 mm	Déperditions U(W/m²K) Normal: $\epsilon=0.84$	Déperditions U(W/m²K) Faible émissivité: $\epsilon=0.05$
Air	2.8	1.7
Argon	2.7	1.4
Krypton	2.6	1.2



# ENVELOPPE : Les volets...



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

# ENVELOPPE : Les volets...



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

# ENVELOPPE : Les volets...



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

# ENVELOPPE : Les volets...



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

# ENVELOPPE : Les volets...

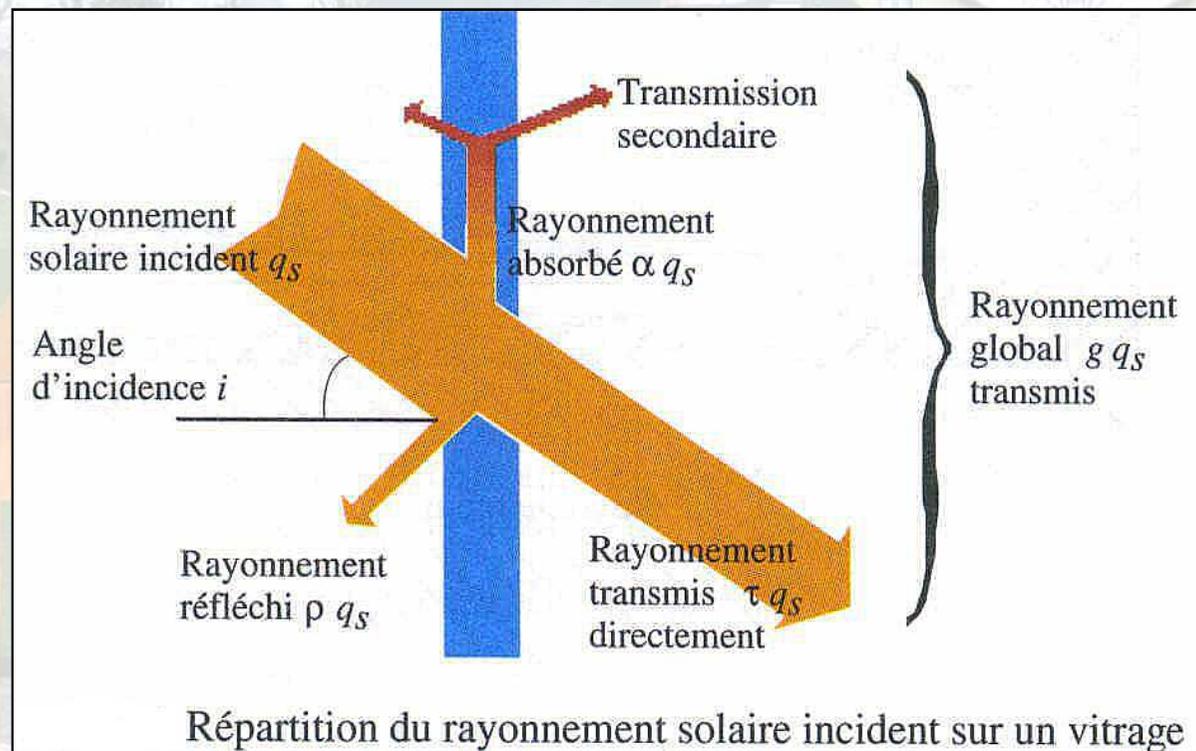


Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# SOLAIRE PASSIF

## Vitrage - Orientation - Casquette



- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# SOLAIRE PASSIF

## LA RESSOURCE SOLAIRE

### Profil d'irradiations mensuelles Chambéry (lat 46°)

- Irradiation annuelle pour une surface horizontale >>>>>

– 1 267 kWh /m<sup>2</sup>.an

(56% direct, 44% diffus)

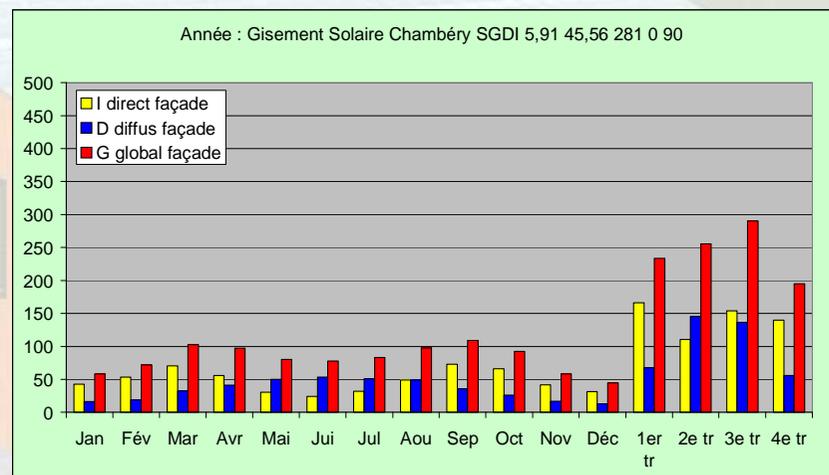
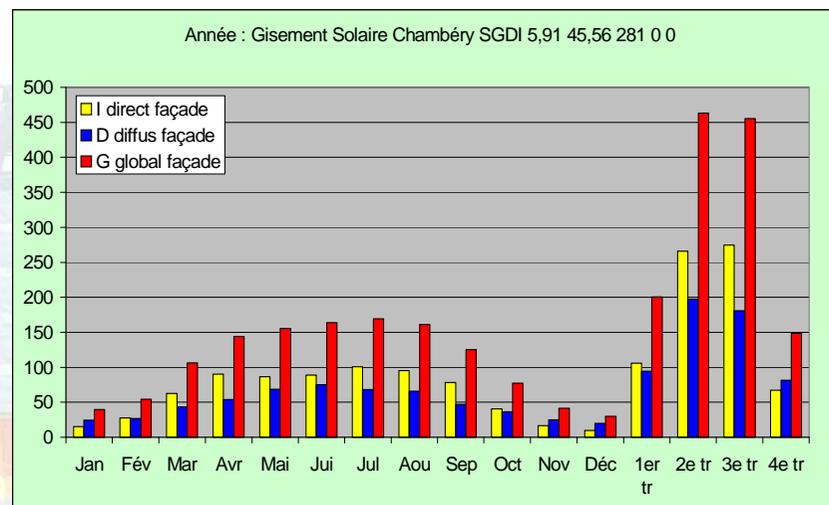
- Irradiation annuelle pour une surface verticale >>>>>

– 975 kWh /m<sup>2</sup>.an

(59% direct, 41% diffus)

- Irradiation à l'inclinaison optimale 33 +/- 5 °

– 1 408 kWh /m<sup>2</sup> .an



- Menu
- **Enveloppe**
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# SOLAIRE PASSIF

## Vitrage - Orientation - Casquette

- Bilan énergétique d'un m<sup>2</sup> de fenêtre en fonction de l'orientation

(Source:Olivier Sidler)

1 : Plaine / Vallée : 2 : Montagne :	Sud		SE et SO		Est et Ouest		Nord
	1	2	1	2	1	2	1
	<b>Simple vitrage</b> K = 4,95 W/m <sup>2</sup> .°C	- 59	- 48	- 100	- 102	- 172	- 194
<b>Double vitrage</b> K = 2,95 W/m <sup>2</sup> .°C	+ 29	+ 49	- 6	+ 4	- 66	- 73	- 84
<b>D.V. + volets</b> K = 2,25 W/m <sup>2</sup> .°C	+ 75	+ 101	+ 40	+ 57	- 20	- 21	- 39
<b>D.V. peu émissif</b> K = 1,8 W/m <sup>2</sup> .°C	+ 85	+ 111	+ 53	+ 71	- 1	0	- 39
<b>D.V. peu émissif + volets</b> K = 1,50 W/m <sup>2</sup> .°C	+ 104	+ 134	+ 73	+ 93	+ 18	+ 23	- 20

(établi pour fenêtre bois avec coeff. de clair de 0.7) en kWh/m<sup>2</sup> de fenêtre en tableau

1 : **Plaine / Vallée : Chambéry** (saison chauffe : du 1/10 au 10/5)  
2 : **Montagne : Bourg-St-Maurice** (saison chauffe du 20/9 au 25/5)

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# SOLAIRE PASSIF

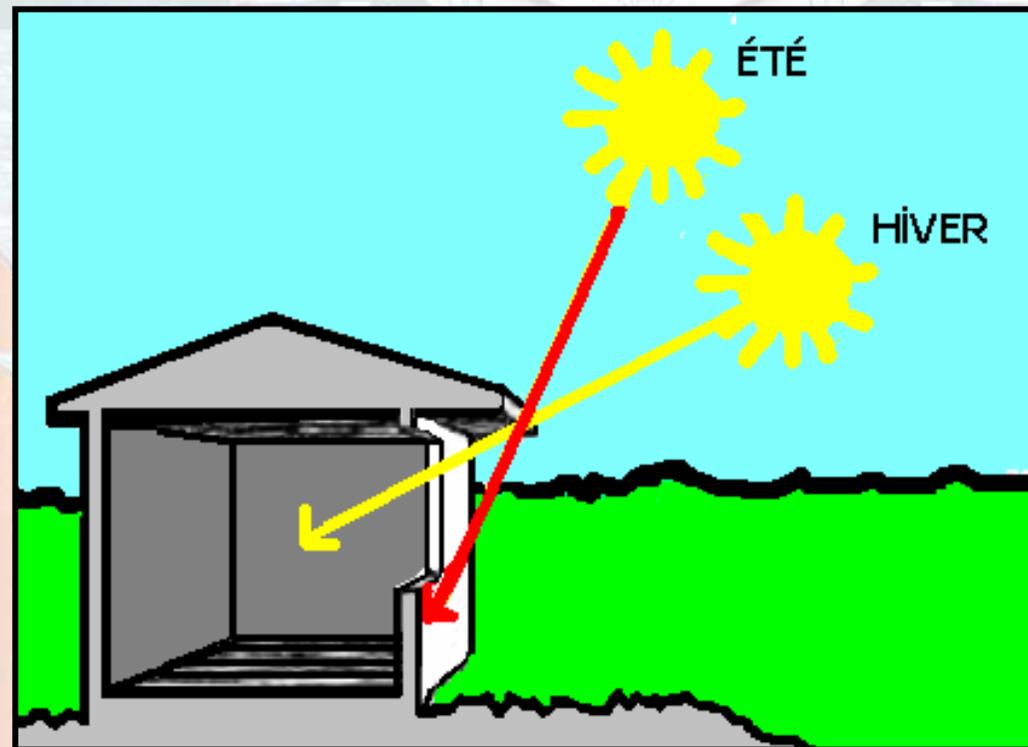
## Vitrage - Orientation - Casquette

### Casquettes sur la façade sud:

- grandes ouvertures → gains solaires en hiver et en demi-saison
- Masque horizontal

### Débords d'étage en Est et Ouest:

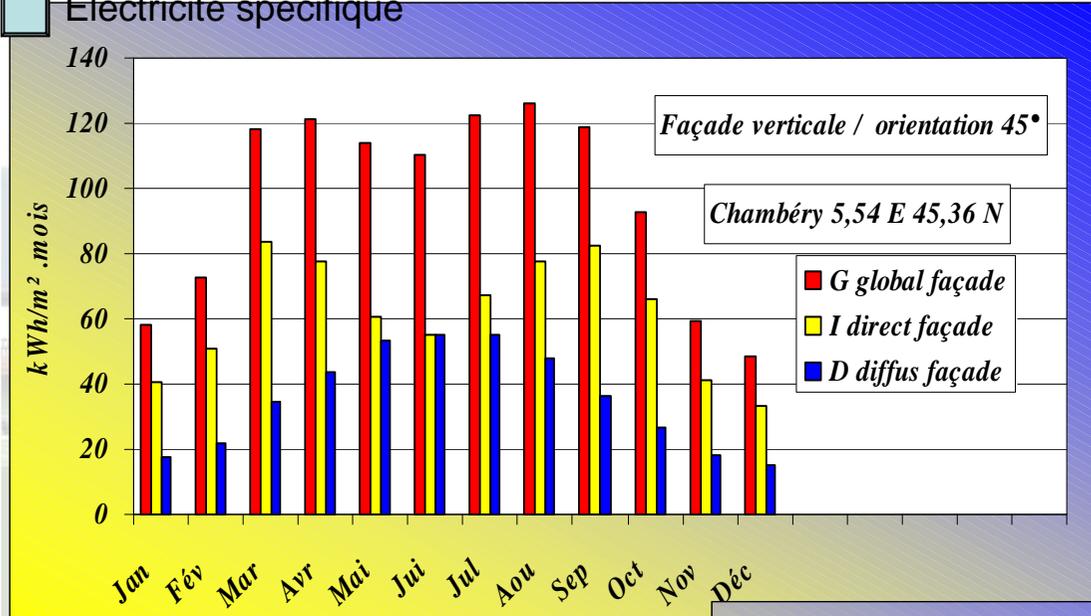
- Evite les surchauffes d'été
- **Façades Est-ouest:**  
Ouvertures moyennes: gains solaires du matin et de soir en demi-saison
- **Façade Nord:**  
petites ouvertures → diminution des pertes thermiques



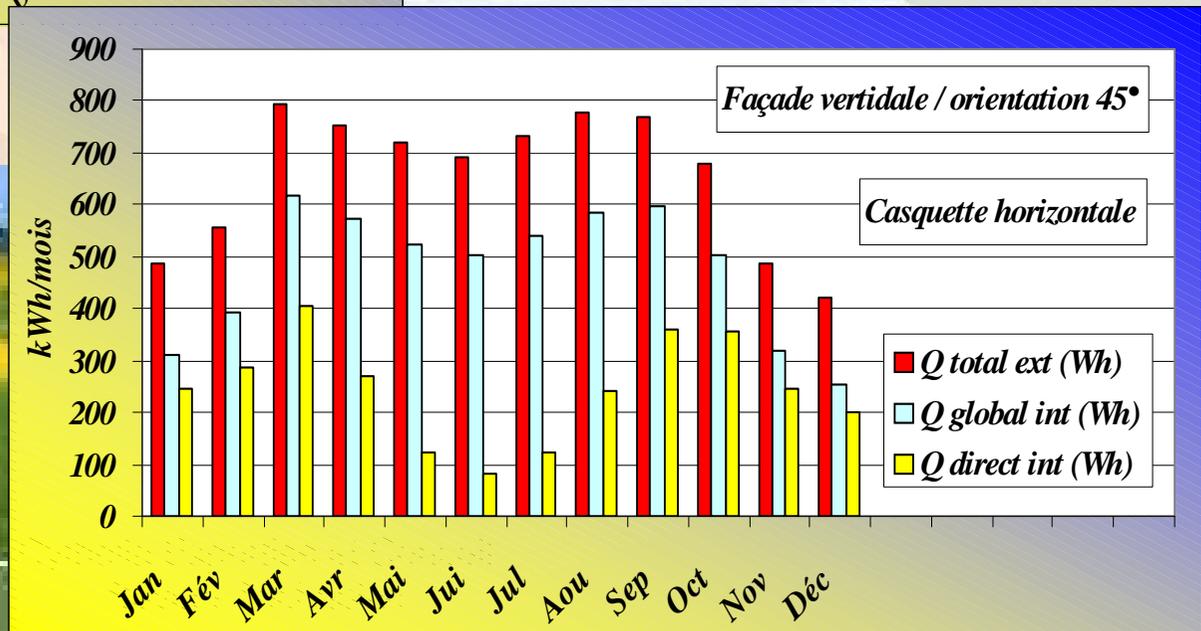
# SOLAIRE PASSIF

## Vitrage - Orientation - Casquette

- Menu
- **Enveloppe**
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique



### EFFET D'UN AUVENT



# SOLAIRE PASSIF

## Vitrage - Orientation - Casquette



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

# SOLAIRE PASSIF

## Vitrage - Orientation - Casquette



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

# SOLAIRE PASSIF

## Vitrage - Orientation - Casquette



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

# SOLAIRE PASSIF

## Vitrage - Orientation - Casquette



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

# SOLAIRE PASSIF

## Vitrage - Orientation - Casquette



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

# SOLAIRE PASSIF

## Vitrage - Orientation - Casquette



*Ombre portée en été*  
*(21 juin à 12h00)*

Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

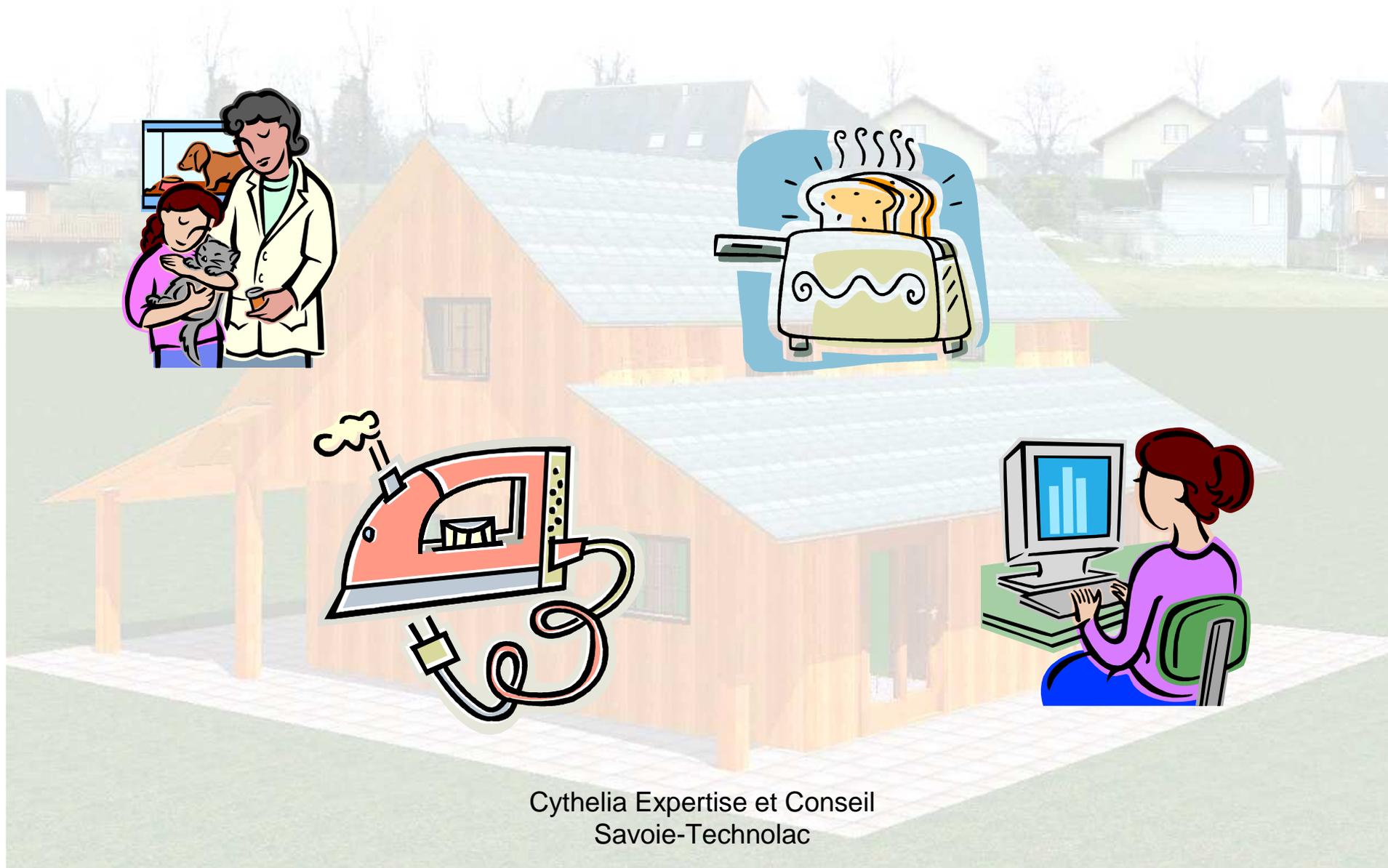


Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# APPORTS GRATUITS

Habitants, TV, informatique, éclairage, etc...



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac



# **SOLUTIONS APPORTÉES PAR LA VENTILATION**

Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

Menu
Enveloppe
• <b>Ventilation</b>
Eau chaude sanitaire
Électricité spécifique

# SOLUTIONS APPORTÉES PAR LA VENTILATION

Nécessités de renouveler l'air :

- Assurer le confort des occupants
- Évacuer l'humidité
- Évacuer les odeurs
- Empêcher les moisissures
- Diminuer le nombre des acariens

Menu
Enveloppe
• <b>Ventilation</b>
Eau chaude sanitaire
Électricité spécifique

# SOLUTIONS APPORTÉES PAR LA VENTILATION

- **Confort**

- Fort renouvellement d'air  
(entre 0.5 et 1 Volume / heure)
- Lutte contre les maladies

- **Chauffage d'hiver**

- Préchauffage de l'air de renouvellement
- Pompe à chaleur air extrait-air

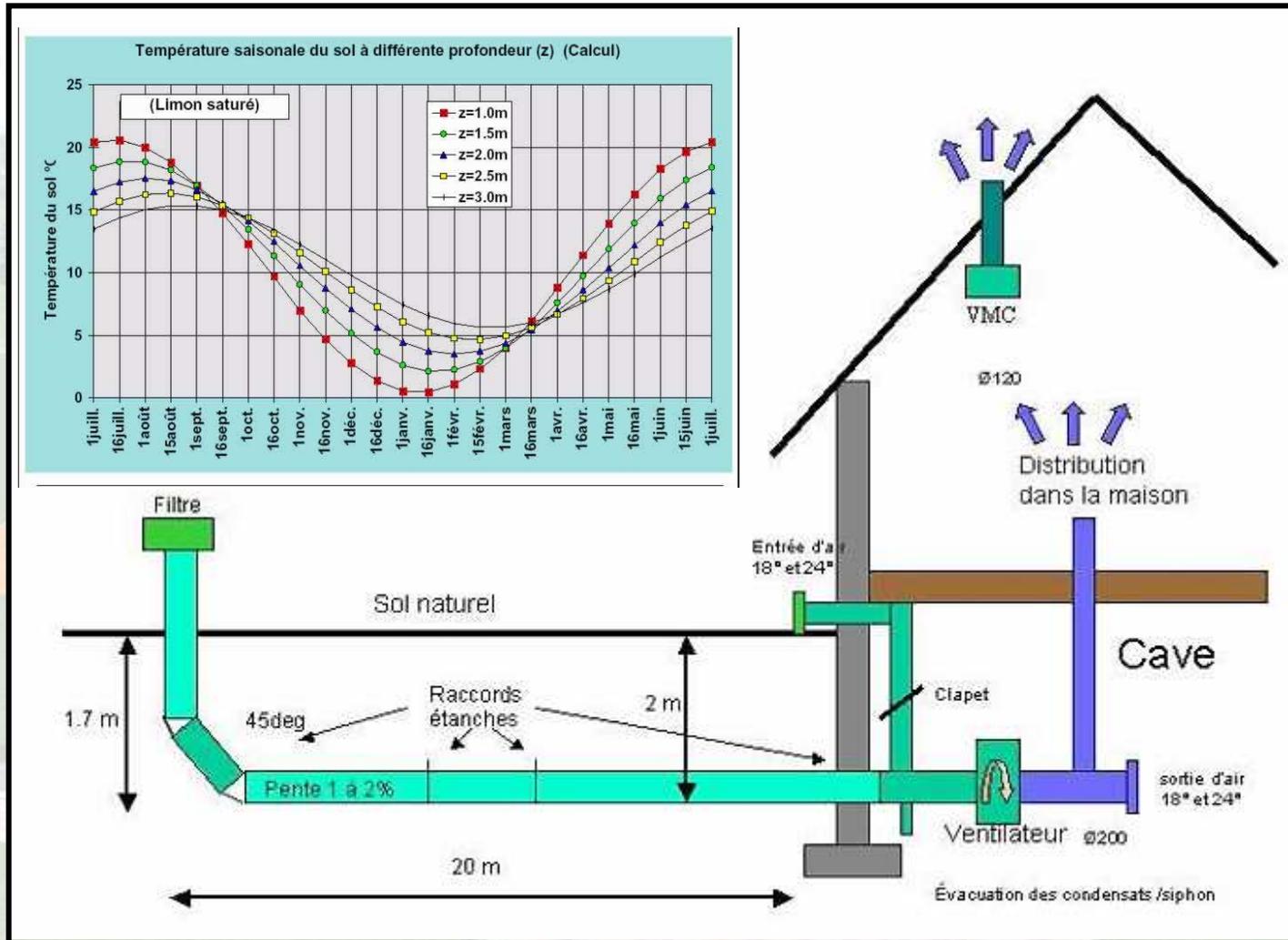
- **Rafrâichissement d'été**

- Puits canadien / provençal

- Menu
- Enveloppe
- **Ventilation**
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# PRÉCHAUFFAGE DE L'AIR DE RENOUVELLEMENT :

## *Puits canadien*



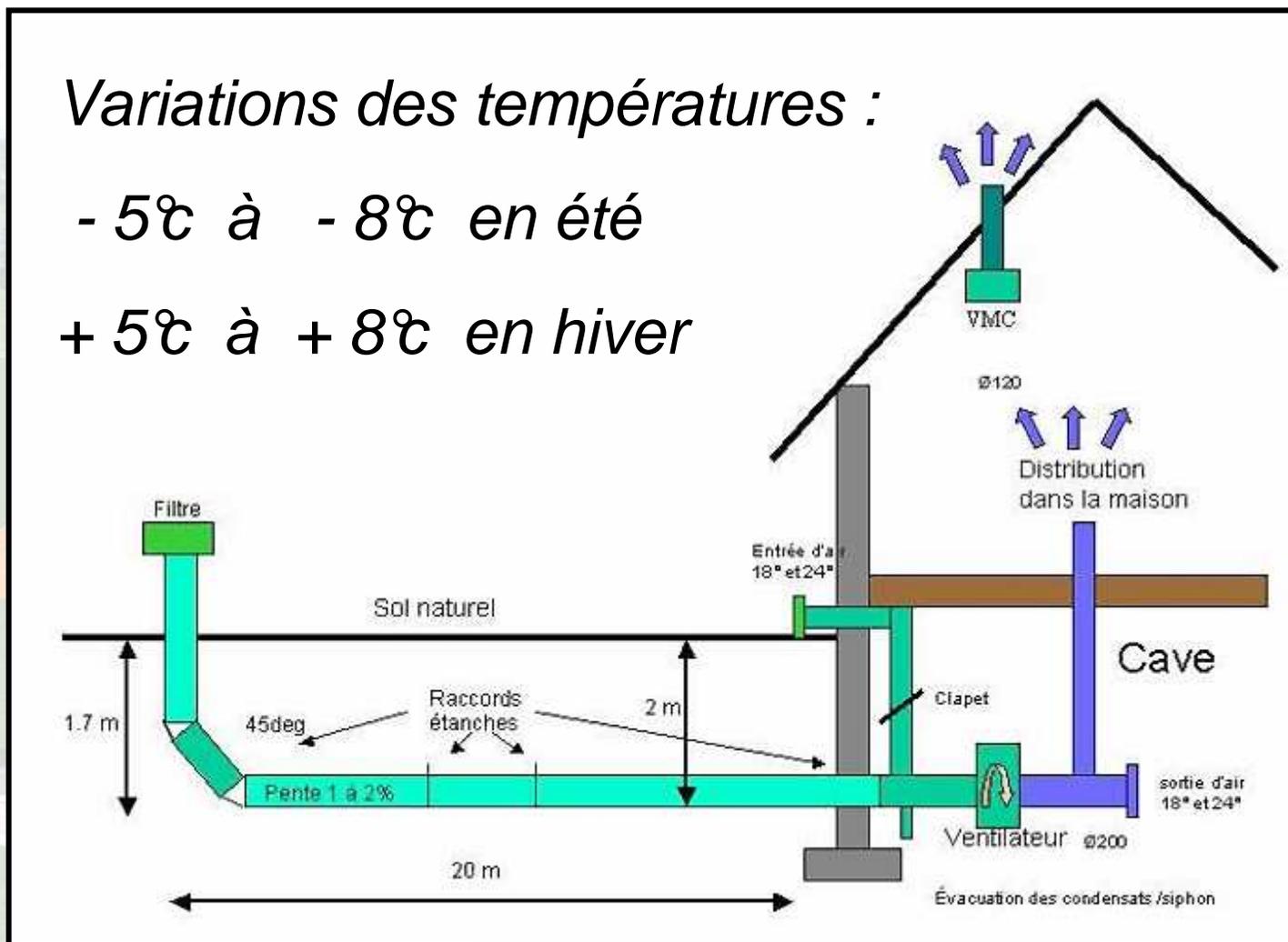
- Menu
- Enveloppe
- **Ventilation**
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# PRÉCHAUFFAGE DE L'AIR DE RENOUVELLEMENT :

## *Puits canadien*

*Variations des températures :*

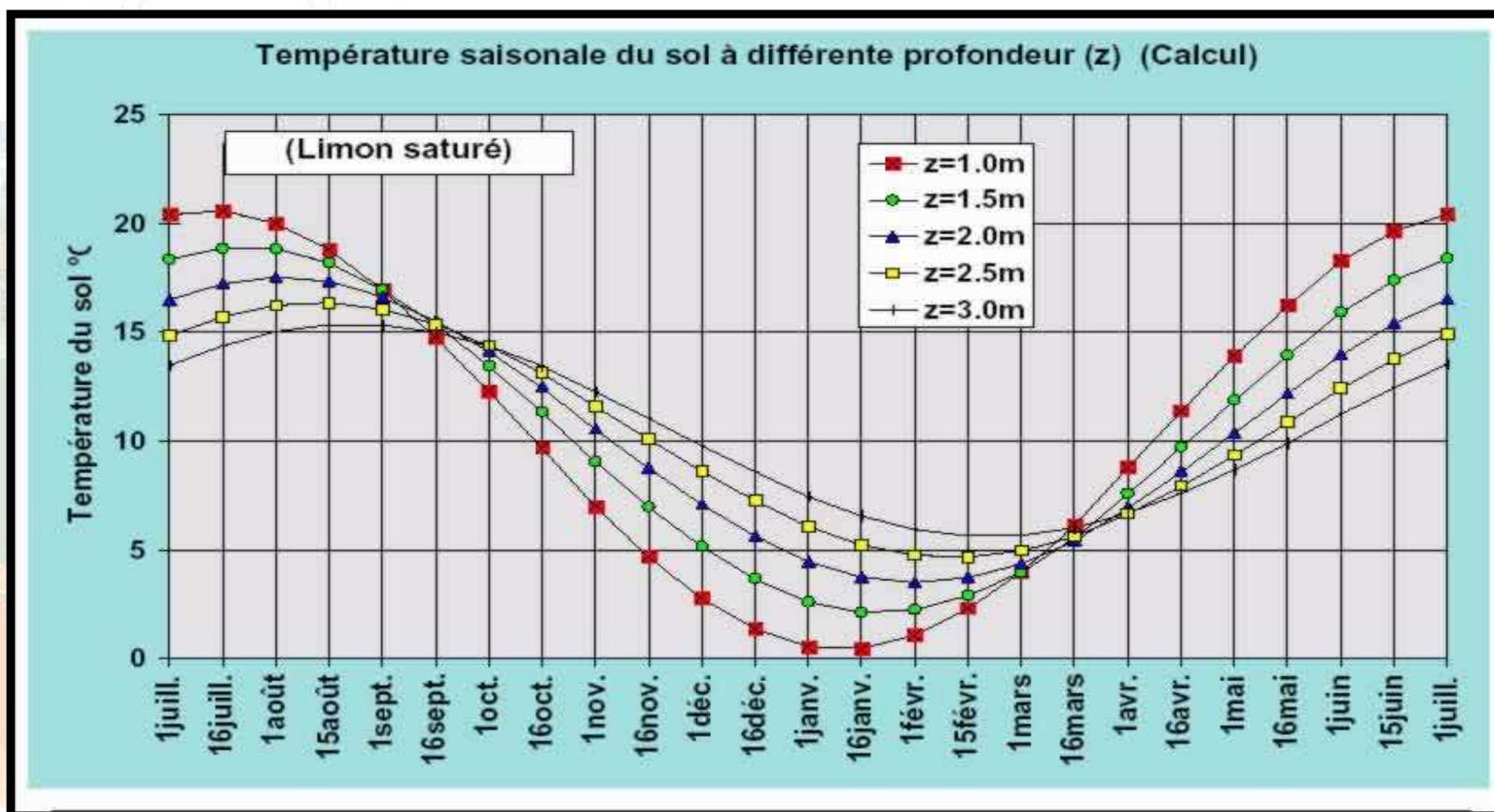
- 5°C à - 8°C en été  
+ 5°C à + 8°C en hiver



- Menu
- Enveloppe
  - **Ventilation**
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# PRÉCHAUFFAGE D'AIR :

## *Puits canadien*



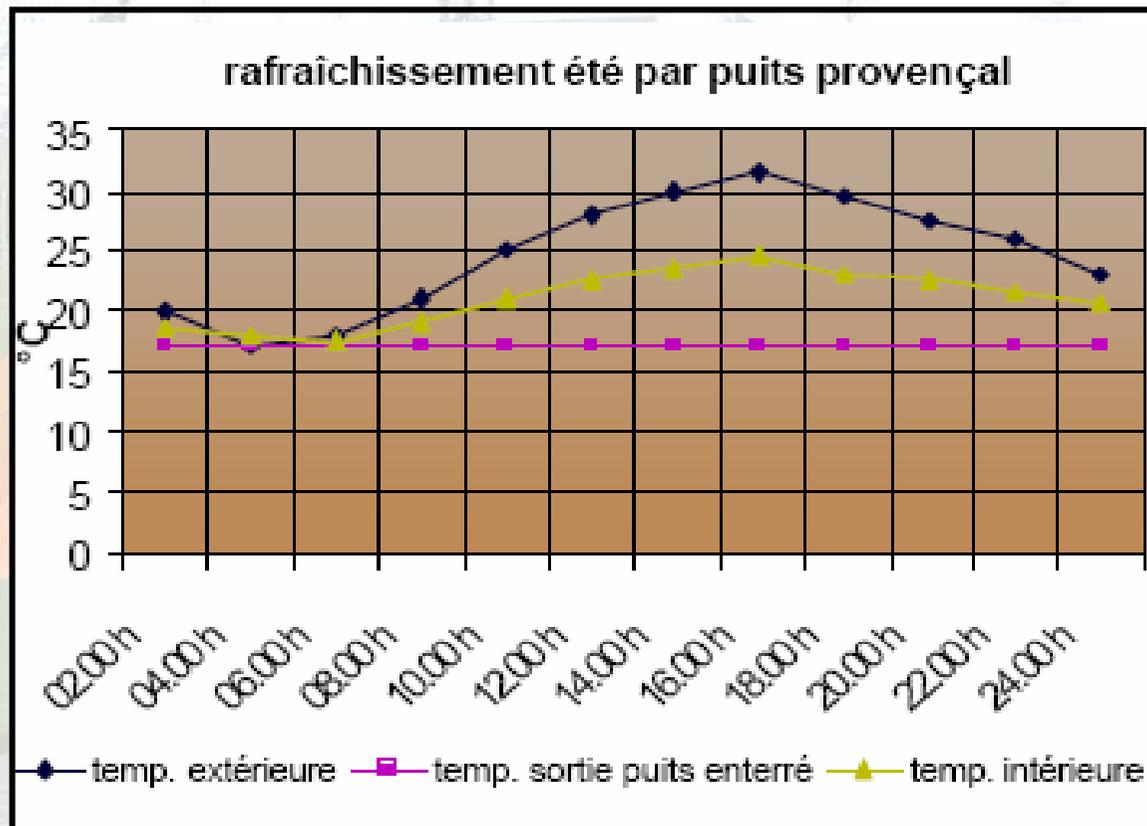
**Variations de la température de l'air extérieur :**  
**de -10°C à +30°C**

Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

- Menu
- Enveloppe
- **Ventilation**
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# RAFRAICHISSEMENT D'ÉTÉ :

## *Puits provençal*

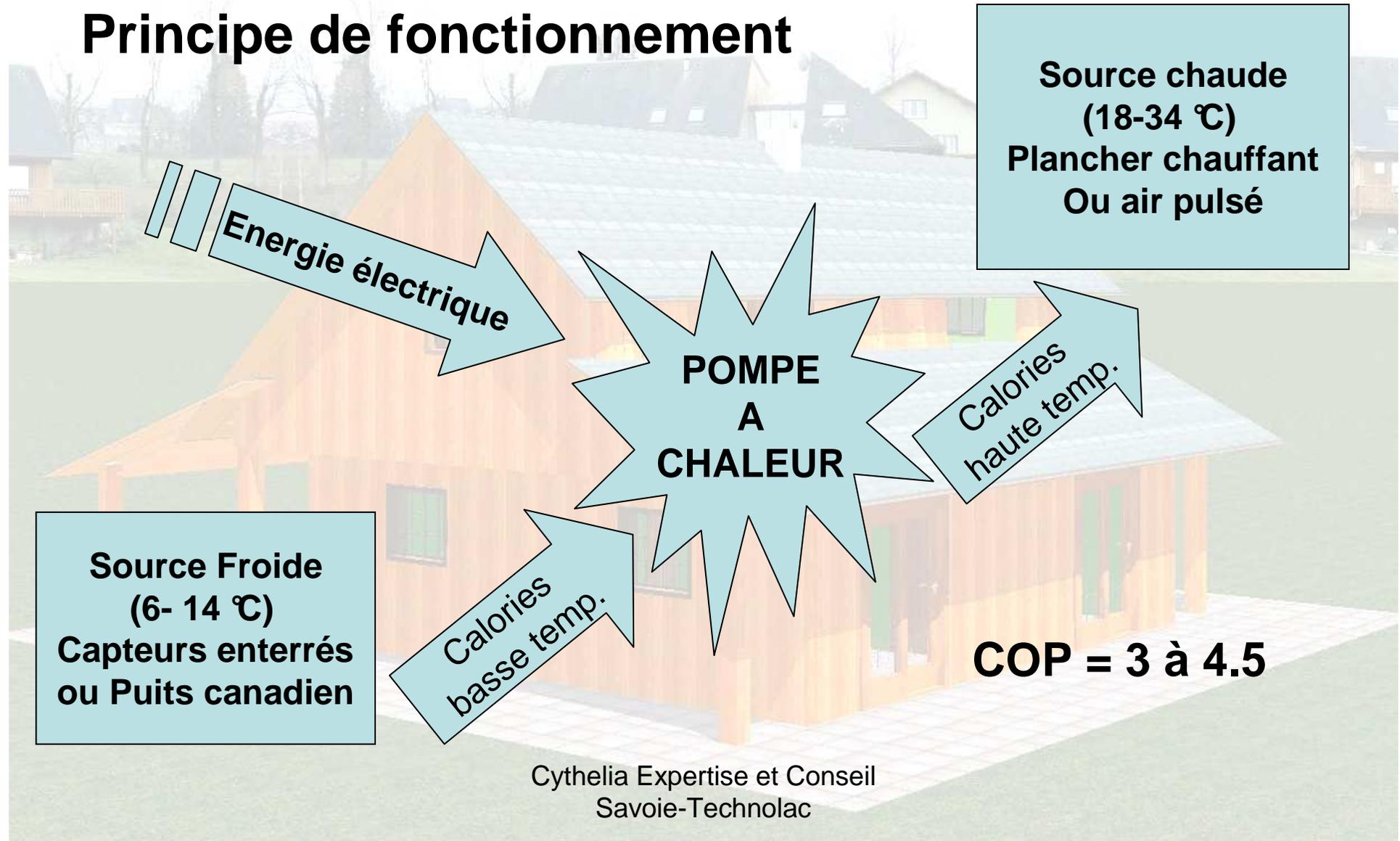


- Menu
- Enveloppe
  - Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# LA POMPE À CHALEUR

## (PAC ou chauffage thermodynamique)

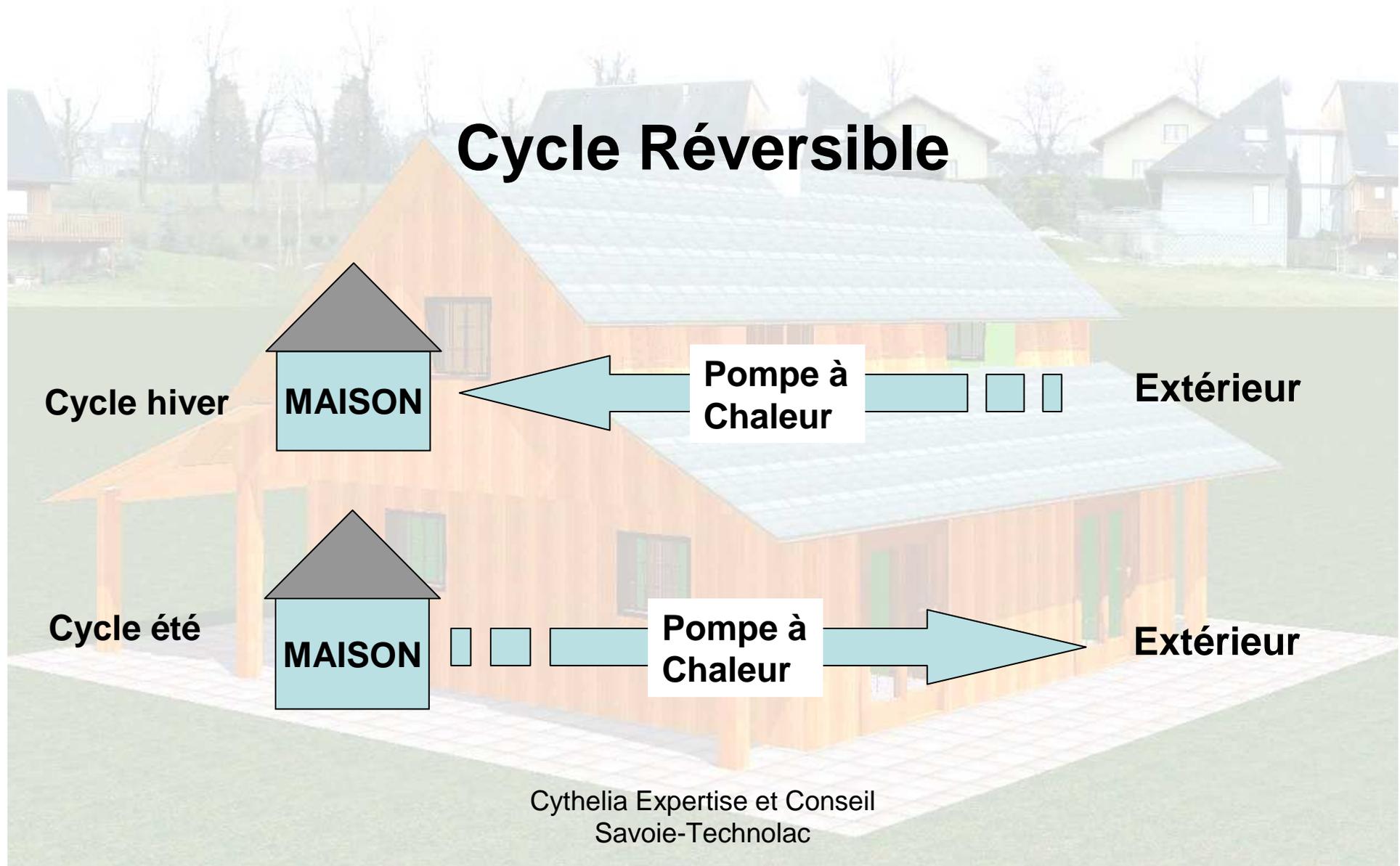
### Principe de fonctionnement



- Menu
- Enveloppe
  - Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# POMPE À CHALEUR réversible

## Cycle Réversible

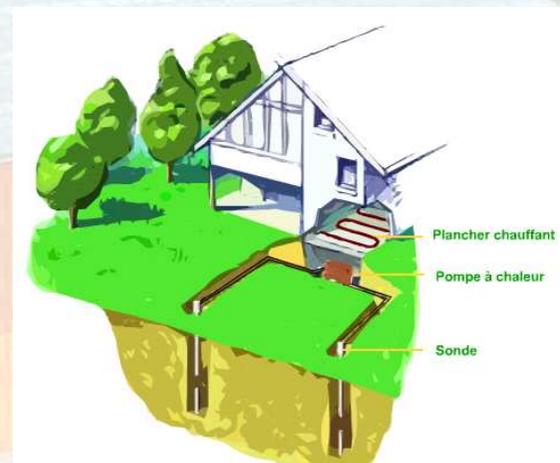
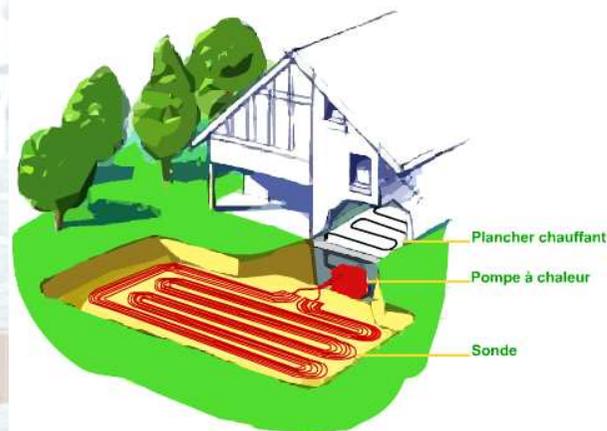


- Menu
- Enveloppe
  - **Ventilation**
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# LA POMPE A CHALEUR (PAC)

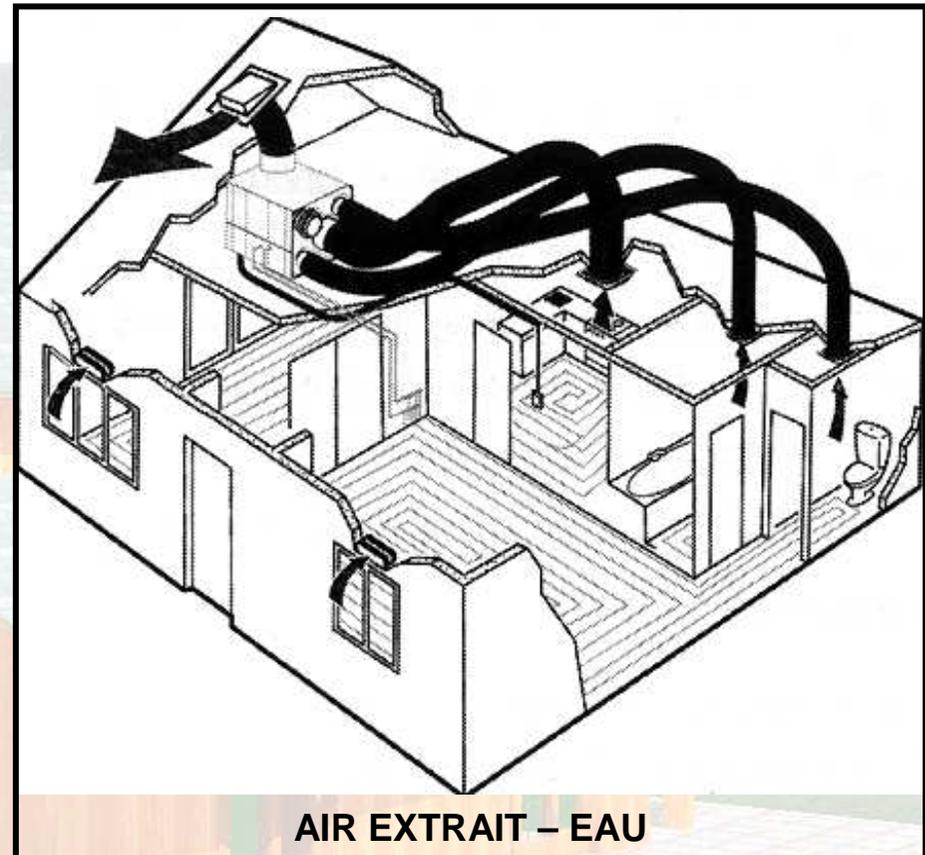
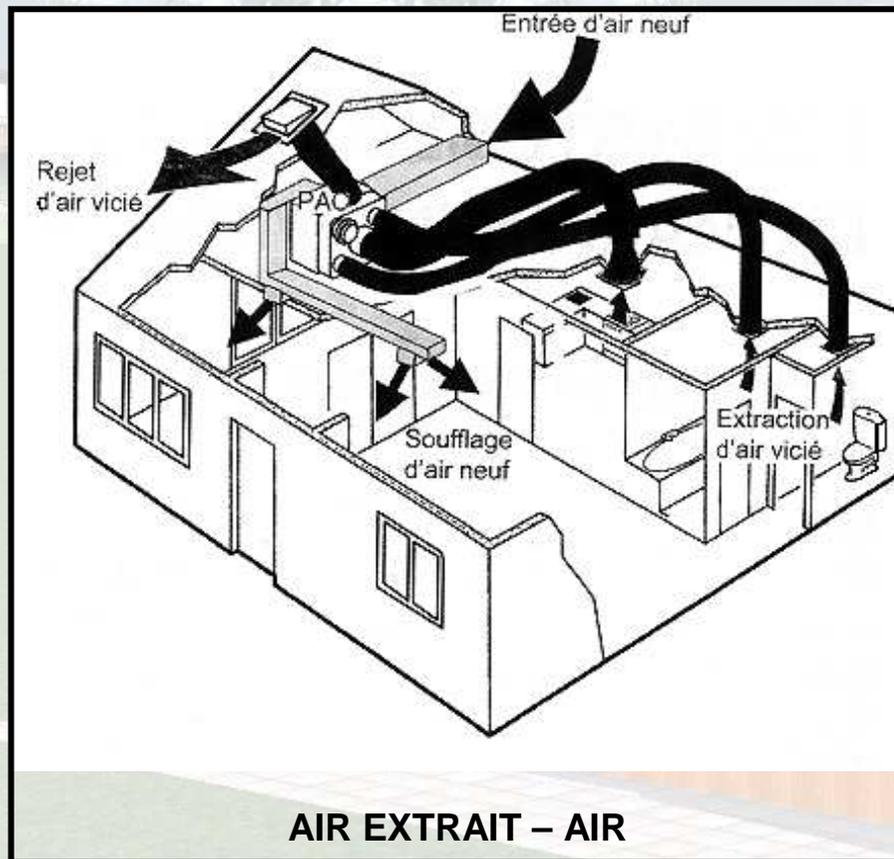
## Les différents types :

- Eau glycolée - eau à capteurs enterrés
- Eau glycolée - eau à forage vertical
- Air-Eau
- Air-Air



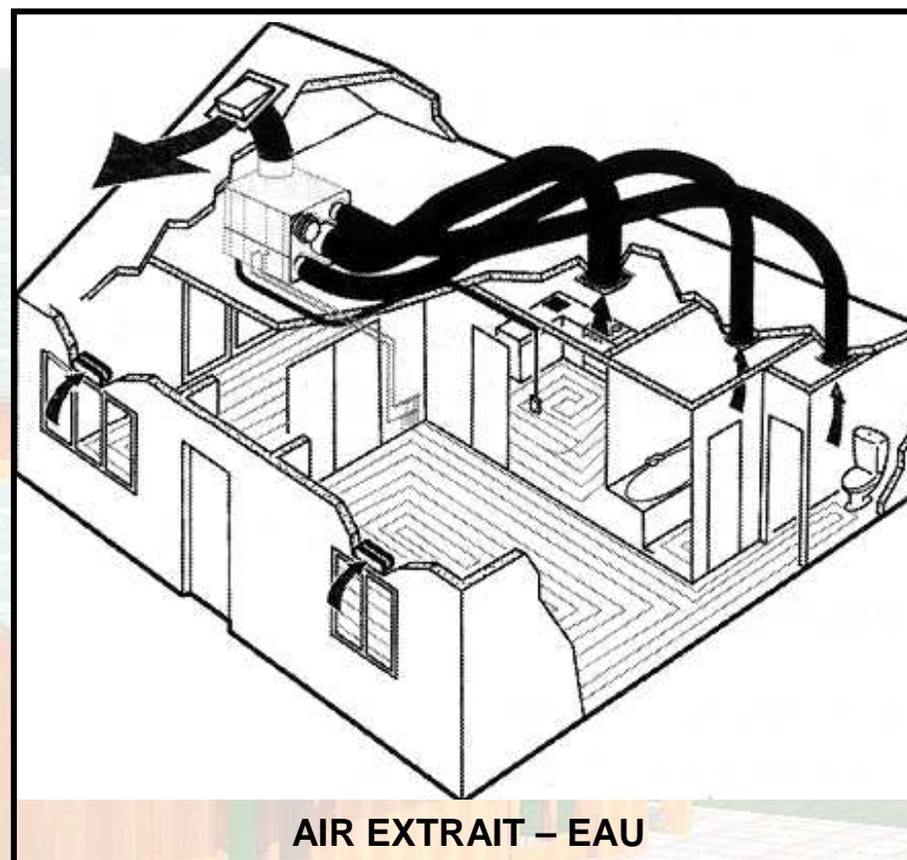
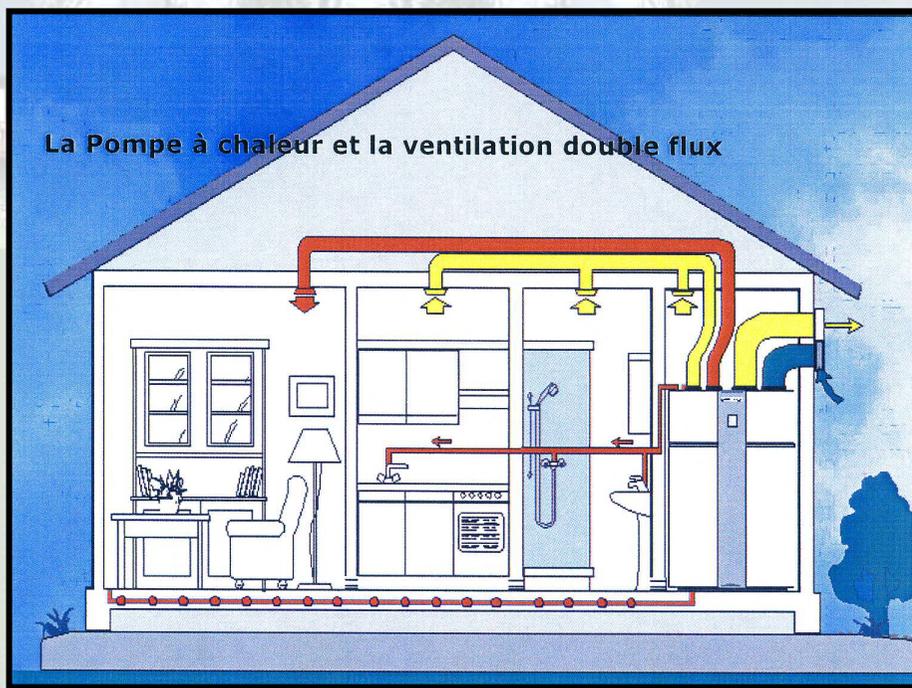
- Menu
- Enveloppe
- **Ventilation**
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# POMPE À CHALEUR à récupération d'air extrait



-  Menu
-  Enveloppe
- **Ventilation**
-  Eau chaude sanitaire
-  Électricité spécifique

# POMPE À CHALEUR à récupération d'air extrait





**SOLUTIONS  
APPORTÉES  
SUR L'EAU  
CHAUDE SANITAIRE**

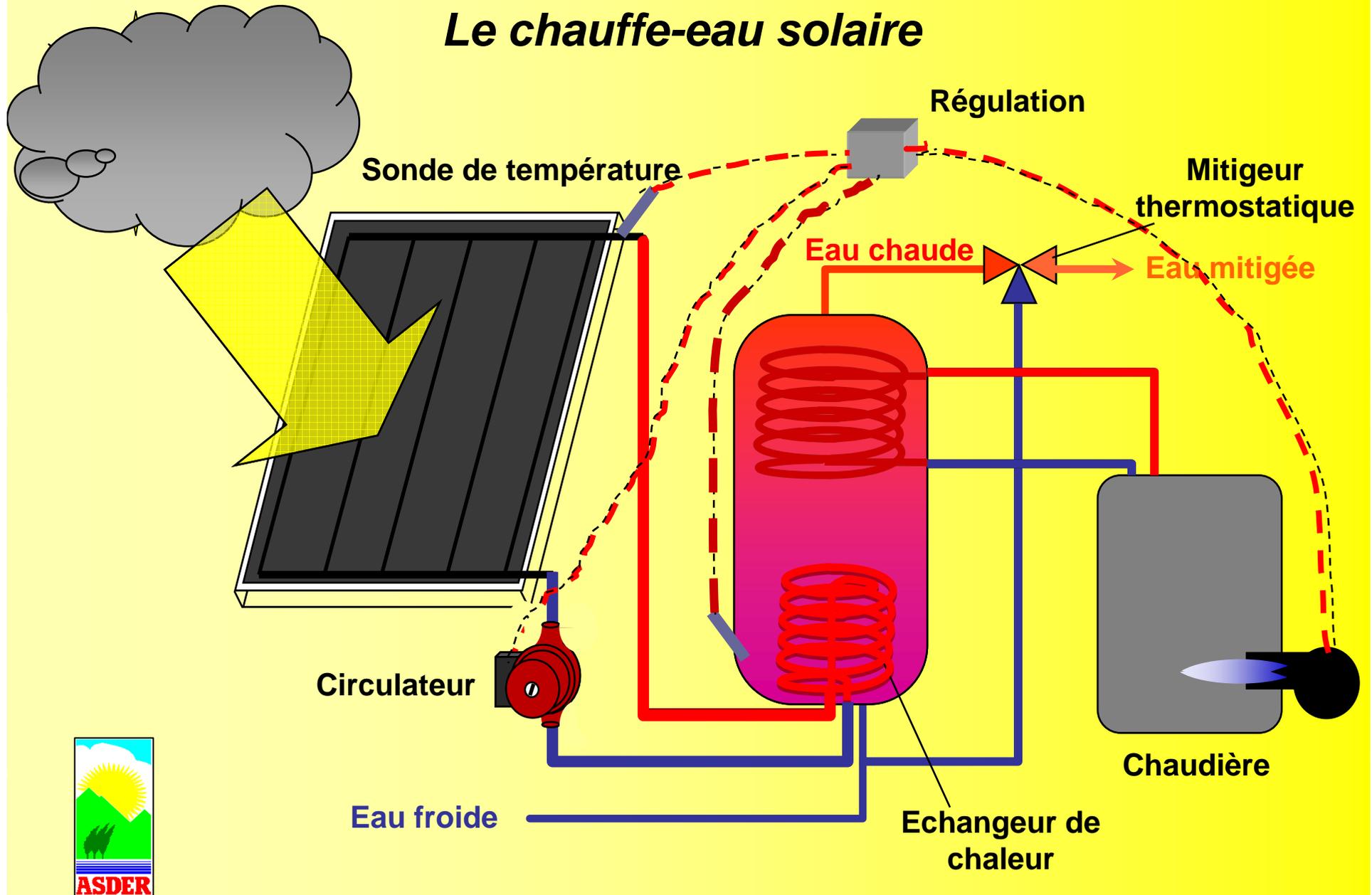
Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

Menu
Enveloppe
Ventilation
• Eau chaude sanitaire
Électricité spécifique

# SOLUTIONS APPORTÉES SUR L'EAU CHAUDE SANITAIRE

- PAC Air-extrait eau
  - On peut brancher un petit échangeur à la sortie du compresseur de la pompe à chaleur
- Solaire thermique
  - 4 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques suffisent amplement pour la consommation d'eau chaude sanitaire de 4 personnes tout au long de l'année (200 l /jour)

# Le chauffe-eau solaire



-  Menu
-  Enveloppe
-  Ventilation
  - Eau chaude sanitaire
-  Électricité spécifique

# SOLAIRE THERMIQUE

## Intégration architecturale



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac



# **SOLUTIONS APPORTÉES SUR L'ÉLECTRICITÉ SPÉCIFIQUE**

Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- **Électricité spécifique**

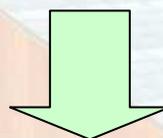
# SOLUTIONS APPORTÉES SUR L'ÉLECTRICITÉ SPÉCIFIQUE

Pour réaliser un bâtiment

« **Zéro énergie** »

Ou

« **Énergie positive** »



**Faible consommation d'énergie**

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- **Électricité spécifique**

# SOLUTIONS APPORTÉES SUR L'ÉLECTRICITÉ SPÉCIFIQUE

- **L'efficacité énergétique**

- L'éclairage
- L'électroménager
- La cuisine
- La ventilation

- **La sobriété énergétique**

- **Le solaire photovoltaïque**

- Couplage au réseau
- Intégration architecturale
- Semi-transparence

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- **Électricité spécifique**

# L'éclairage

**Lampes à économie d'énergie**  
Economiser l'énergie en changeant ses ampoules, voilà une idée lumineuse

Ensemble économisons l'électricité en Savoie

Eclairage	Standard (kWh/an)	Efficace (kWh/an)	Maison Unités	Sobre (kWh/an)
Lampes	<b>2400</b>	<b>600</b>	<b>0,9</b>	<b>540</b>

-  Menu
-  Enveloppe
-  Ventilation
-  Eau chaude sanitaire
- **Électricité spécifique**

# L'électro-ménager

Appareils TV-HI-FI Electroménager	Standard (kWh/an)	Efficace (kWh/an)	Maison Unités	Sobre (kWh/an)
Congelateur	450	225	1	225
Sèche-linge	430	230	0	0
Lave-vaisselle	285	160	1	160
Réfrigérateur	250	150	1	150
Lave-linge	200	95	1	95
Ordinateur	160	100	1	100
TV	150	100	1	100
Magnétoscope	110	70	1	70
Décodeur Canal +	95	55	0	0
Démodulateur d'antenne	80	40	0	0
Téléphone répondeur	45	25	1	25
Fer à repaser	40	30	1	30
Hi-Fi	35	30	1	30
Aspirateur	20	15	1	15
<b>Total kWh</b>	<b>2350</b>	<b>1325</b>		<b>1000</b>

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- **Électricité spécifique**

# La cuisine

Appareils de Cuisine	Standard (kWh/an)	Efficace (kWh/an)	Maison Unités	Sobre (kWh/an)
Table à induction	330	230	1	230
Plaques vitro	280	180	0	0
Four de cuisine	220	180	1	180
Plaques fonte	200	120	0	0
Mini-four	100	80	1	80
Micro-ondes	65	40	1	40
Bouilloire	60	50	0	0
Cafetière	30	25	1	25
Cuiseur à vapeur	15	10	1	10
Grille-pain	15	15	1	15
Friteuse	10	10	0	0
<b>Total kWh</b>	<b>1 325</b>	<b>940</b>		<b>580</b>

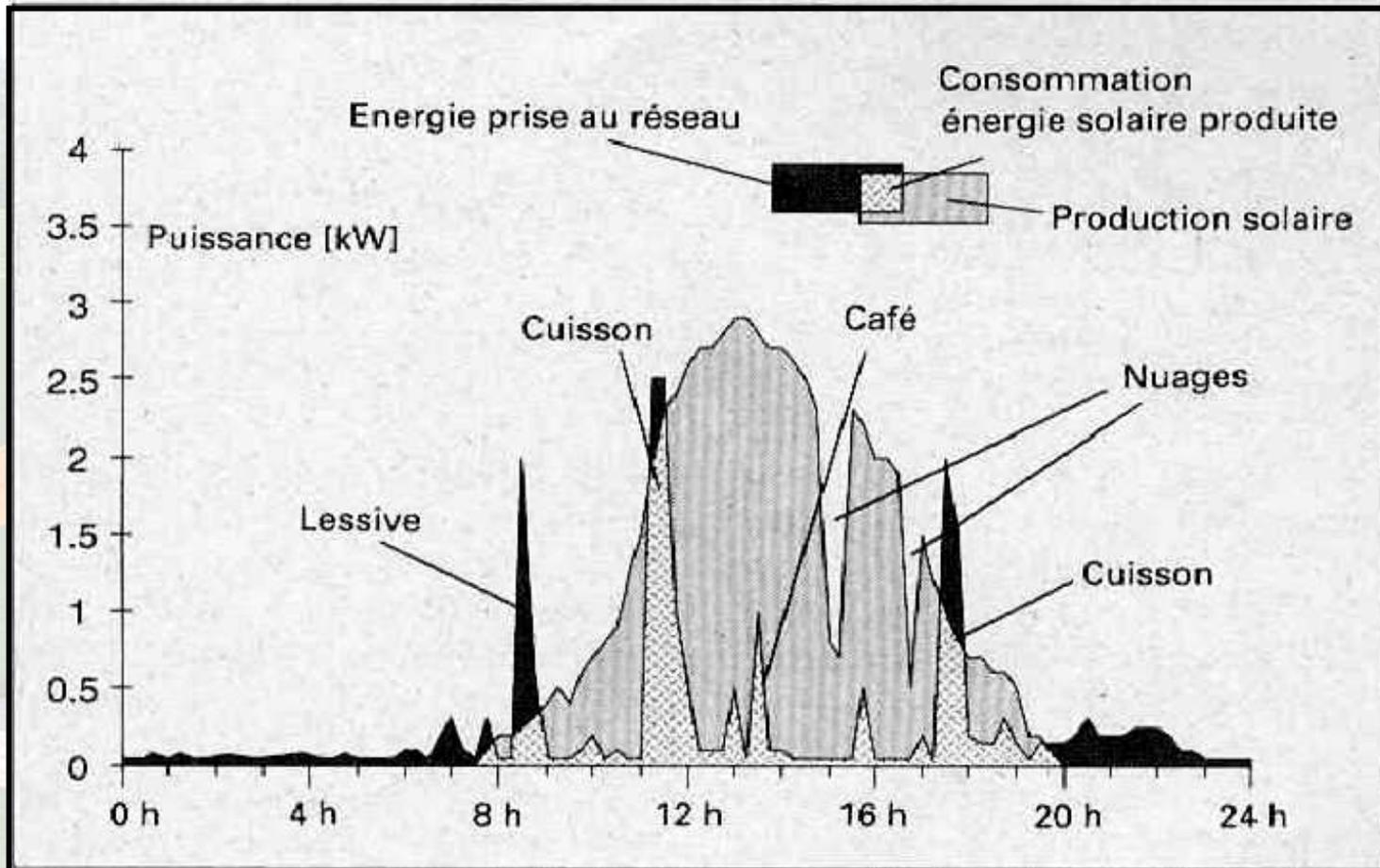
-  Menu
-  Enveloppe
-  Ventilation
-  Eau chaude sanitaire
- **Électricité spécifique**

# ÉLECTRICITÉ SPÉCIFIQUE

<b>Electricité spécifique</b>	<b>Standard kWh/an</b>	<b>Efficace (kWh/an)</b>	<b>Sobre (kWh/an)</b>
éclairage	2 400	600	540
électro-ménager	2 350	1 325	1 000
cuisine	1 325	940	580
ventilation	400	360	360
<b>total kWh</b>	<b>6 475</b>	<b>3 225</b>	<b>2 480</b>

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : Inadéquation de la ressource solaire aux besoins domestiques



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

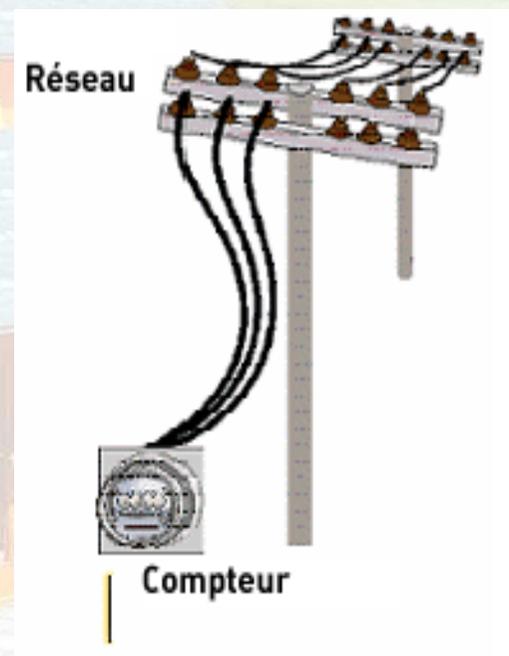
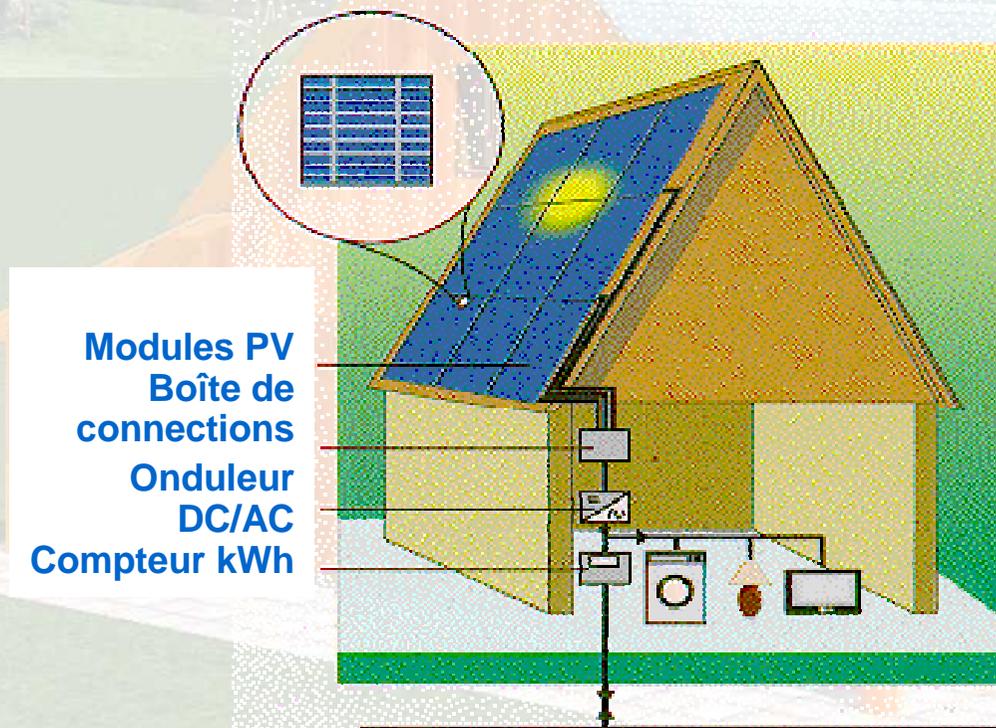
# SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : Couplage au réseau

## Connexion au réseau basse tension

Connexion au réseau double compteur :

Tarif de vente : 0,135 € /kWh

Tarif d'achat : 0,108 € /kWh

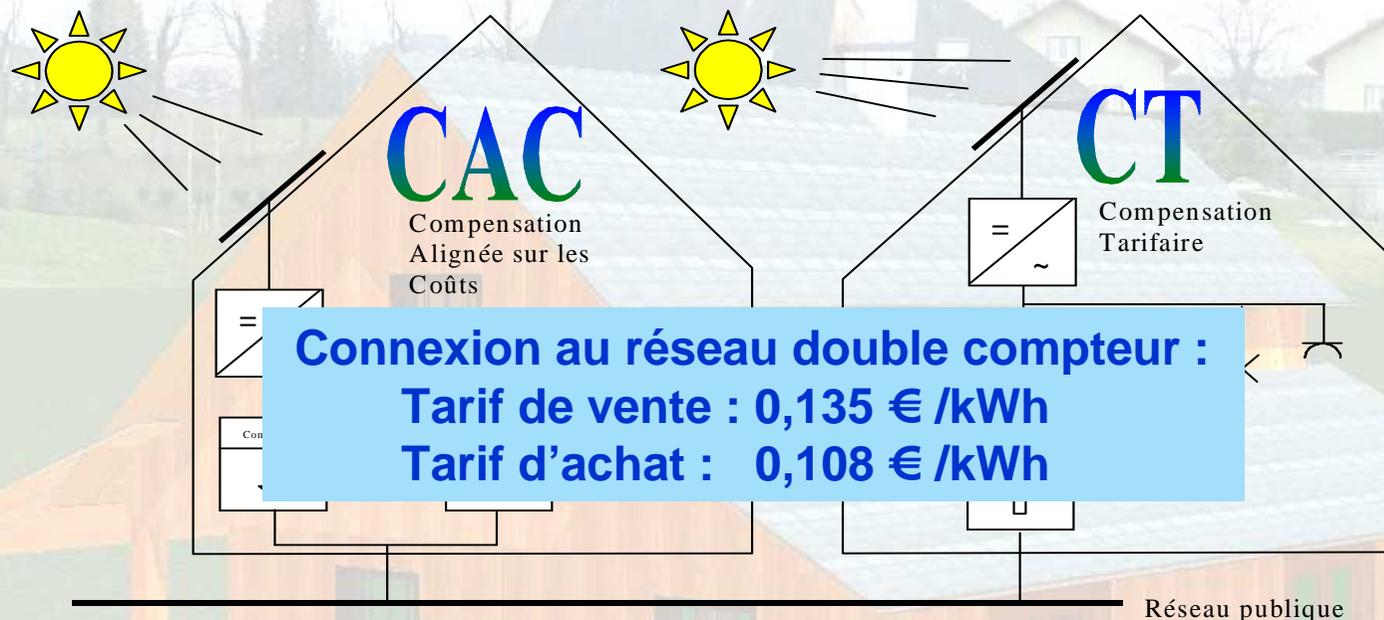


Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- **Électricité spécifique**

# SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : Couplage au réseau

## Connexion des compteurs pour systèmes PV



Connexions des compteurs pour systèmes PV.

- **compensation alignée sur les coûts « CAC » (vente de la totalité de la production à tarif > tarif d'achat d'électricité)**
- **compensation tarifaire « CT » du surplus de la production non consommée.**

Menu
Enveloppe
Ventilation
Eau chaude sanitaire
• <b>Électricité spécifique</b>

# SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE :

## Couplage au réseau

### Les tarifs d'achat en France

- La loi oblige à acheter l'électricité produite par les producteurs non nationalisés à partir d'énergies renouvelables dans la limite d'une puissance de 36 KVA.
- Le tarif d'achat est fixé à 15 c€/KWh en Métropole dans la limite de 5 KWc pour les particuliers. Le contrat est signé pour une durée de 20 ans, et le montant suivra l'inflation. Pour les demandes postérieures au 1er Janvier 2003, le tarif de départ est diminué de 5 % chaque année.
- L'arrêté du 13 MARS 2002 « fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil » règle les conditions tarifaires de la vente d'électricité photovoltaïque à EDF.

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : Couplage au réseau

## Les onduleurs

### Onduleurs DC/AC:

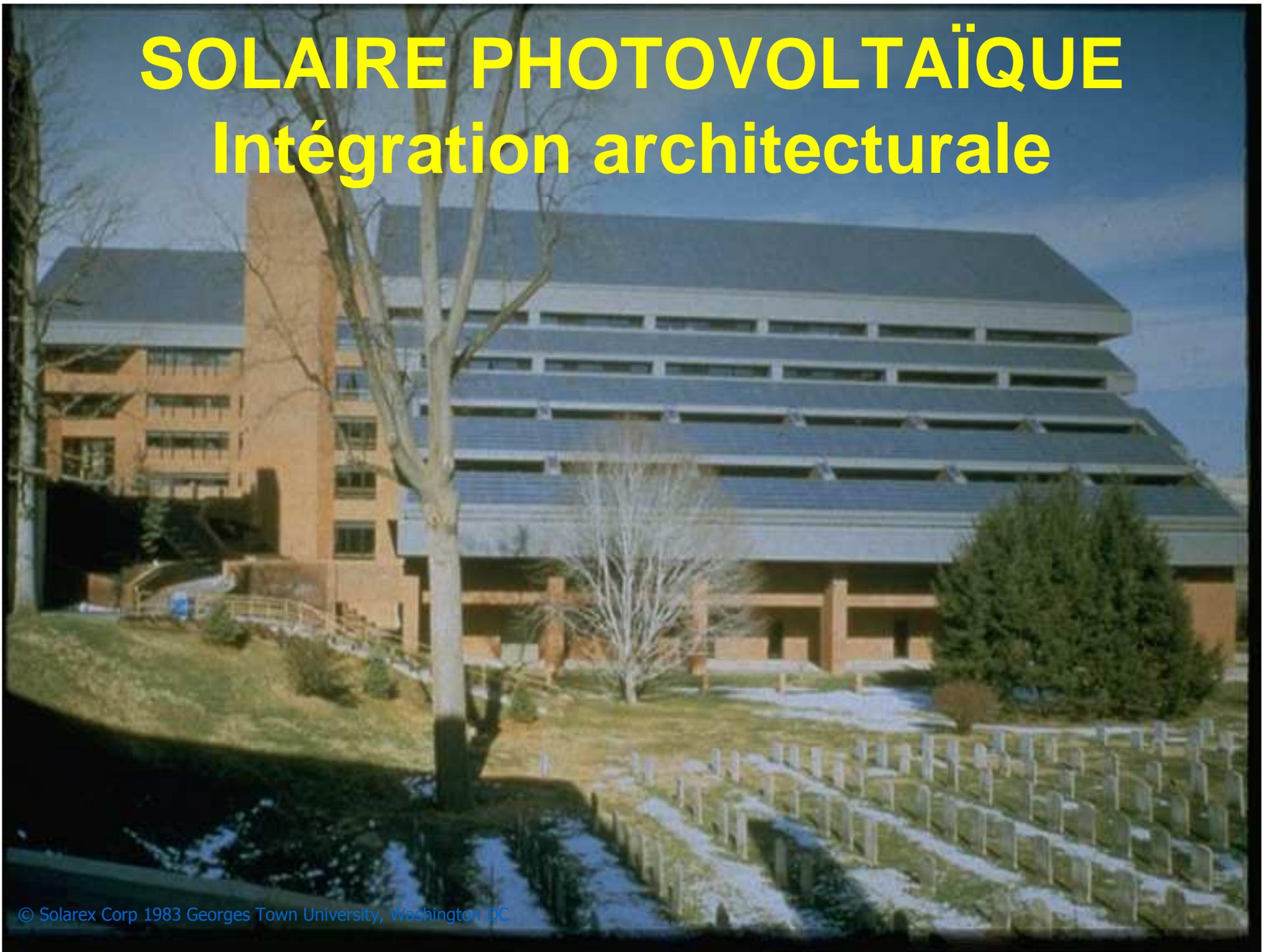
C'est un convertisseur d'énergie qui fournit à partir d'une tension variable d'alimentation continue (champ de modules photovoltaïques) une tension de sortie alternative constante 220 V / 50 Hz synchronisée par le réseau



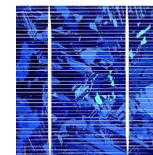
**Onduleur Sunny Boy, produit phare de la société SMA, leader mondial des onduleurs PV couplés au réseau**

# SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

## Intégration architecturale



# L'électricité solaire connectée au réseau dans l'habitat individuel



Savoie-Technolac

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- Électricité spécifique

# Intégration au bâti de modules classiques



**Bâtiment de bureaux**

Diest (Webbekom, Belgique)

combinaison de modules opaques et semi-transparents

puissance: 9,5 kWc  
modules:p-Si

Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- **Électricité spécifique**

# Les maisons individuelles : couverture totale



© Guidebook for PV System Design and Installation (Japan PV Energy Association)

**Maison privée**  
Maebashi, Japon

**MISAWA HOMES**  
**ECO-ENERGY**  
**HOUSE**

**Modules Solarex-**  
**MSK**  
(format tatami)  
puissance: 5 kWc

Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- **Électricité spécifique**

# Ardoises photovoltaïques



## Type: PV700

- **dimensions** : 964 mm x 445 mm
- **module PV**: 18 mono-Si, 35 Wc
- **fabricant**: Lafarge Braas



## Type: Sunslates™

- **dimensions**: 300 mm x 400 mm
- **module PV**: 6 mono-Si, 12,5 Wc
- **fabricant**: Atlantis Solarsysteme

Menu
Enveloppe
Ventilation
Eau chaude sanitaire
• Électricité spécifique

# SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

## Les modules PV en films minces

### Silicium amorphe

- Avantages :
  - Fort coefficient d'absorption
  - Faible consommation énergétique durant le cycle de production
  - Possibilité de grandes surfaces unitaires
  - Meilleur coût au m<sup>2</sup>
  - Faible coefficient de température (-0,2%/°C)
  - Possibilité de réelle semi-transparence

# SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

## Les modules PV en films minces

### Silicium amorphe

- **Avantages :**
  - Fort coefficient d'absorption
  - Faible consommation énergétique durant le cycle de production
  - Possibilité de grandes surfaces unitaires
  - Meilleur coût au m<sup>2</sup>
  - Faible coefficient de température (-0,2%/°C)
  - Possibilité de réelle semi-transparence
- **Inconvénients :**
  - Faible rendement : 6-7% (coût de pose plus élevé)
  - Dégradation sous lumière (-10%)
  - Moindre durée de vie

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- **Électricité spécifique**

# Modules souples sur acier inox



**UNISOLAR Solartec Design  
de 128 Wc  
sur bac acier Thyssen**



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

- Menu
- Enveloppe
- Ventilation
- Eau chaude sanitaire
- **Électricité spécifique**

# Modules souples sur acier inox

- Shingles SHR17 d'UNISOLAR  
(2 kWc AC system, Atlanta Georgia,USA)



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

-  Menu
-  Enveloppe
-  Ventilation
-  Eau chaude sanitaire
- **Électricité spécifique**

# PV Semi-transparent intégré au bâti



Vitrages semi-transparents

*aSithru de PST (ASE)*



t  
S  
f  
i  
C  
i  
a  
c  
T  
r  
S  
c  
t  
s  
e  
R  
g  
e  
s  
f  
t  
E  
e  
C  
d



# **BILANS ÉNERGÉTIQUES ET FINANCIERS**

Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

## Menu

- Bilans mensuels
- Bilans annuels
- Surcoûts à la construction
- Retour d'investissement

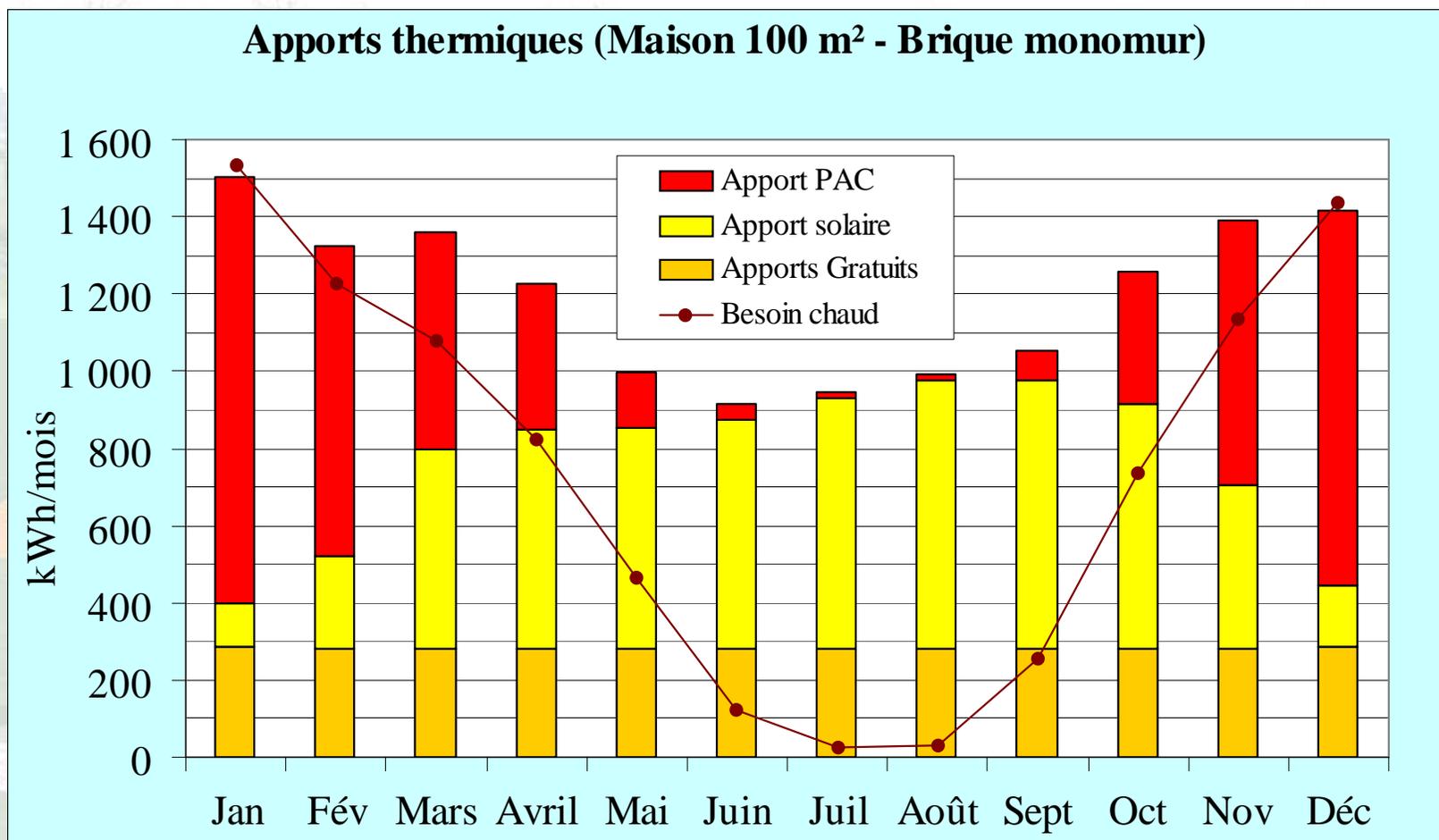
# BILANS ÉNERGÉTIQUES ET FINANCIERS

- Bilans mensuels
  - Thermiques et électriques
- Bilan annuels
  - Thermiques et électriques
- Surcoûts à la construction
- Retour d'investissement
- En résumé...

- Menu
- Bilans mensuels
- Bilans annuels
- Surcoûts à la construction
- Retour d'investissement

# Bilan thermique mensuel

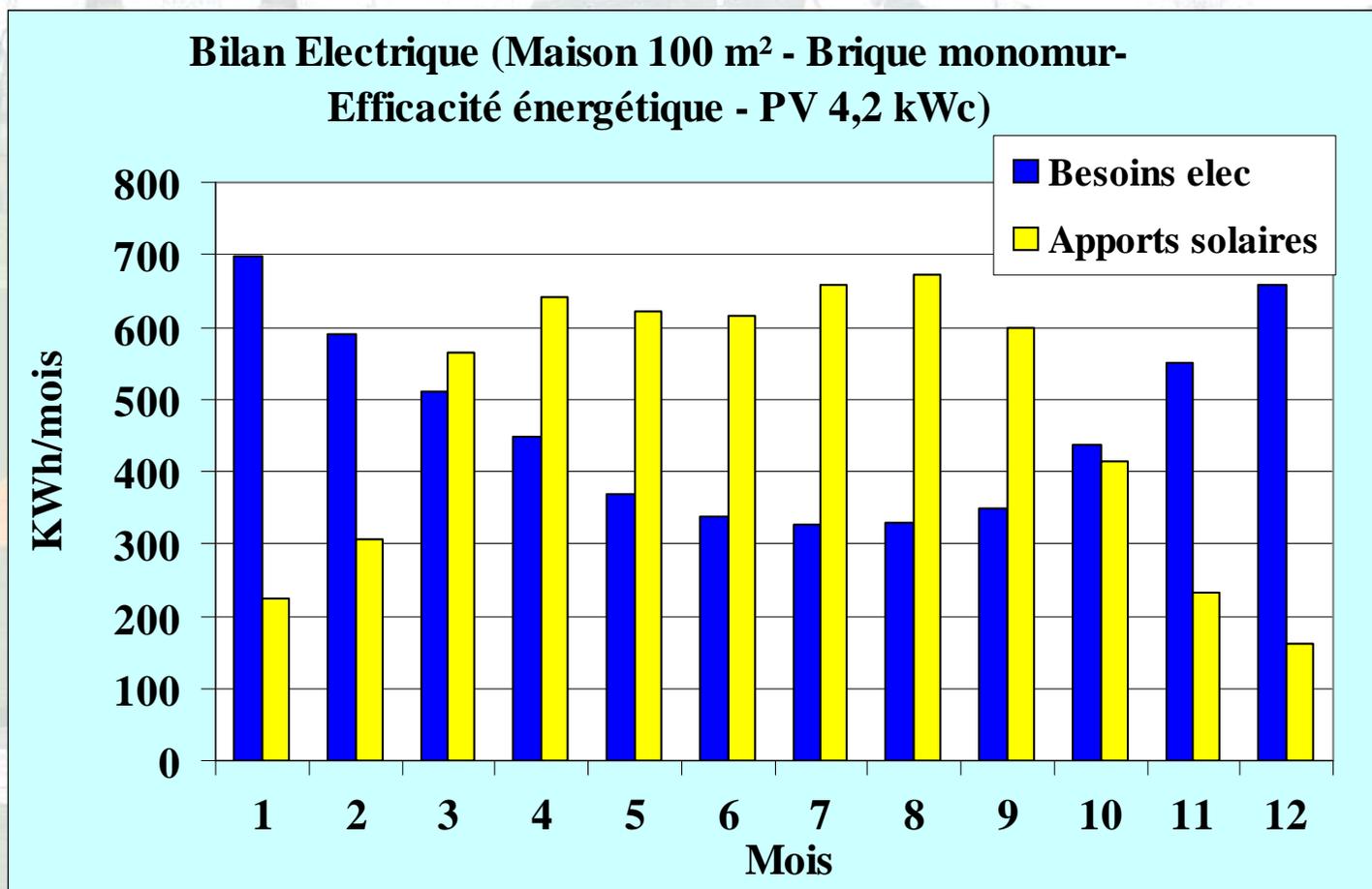
*Maison ZEN 100 m<sup>2</sup> - option brique monomur*



- Menu
- Bilans mensuels
- Bilans annuels
- Surcoûts à la construction
- Retour d'investissement

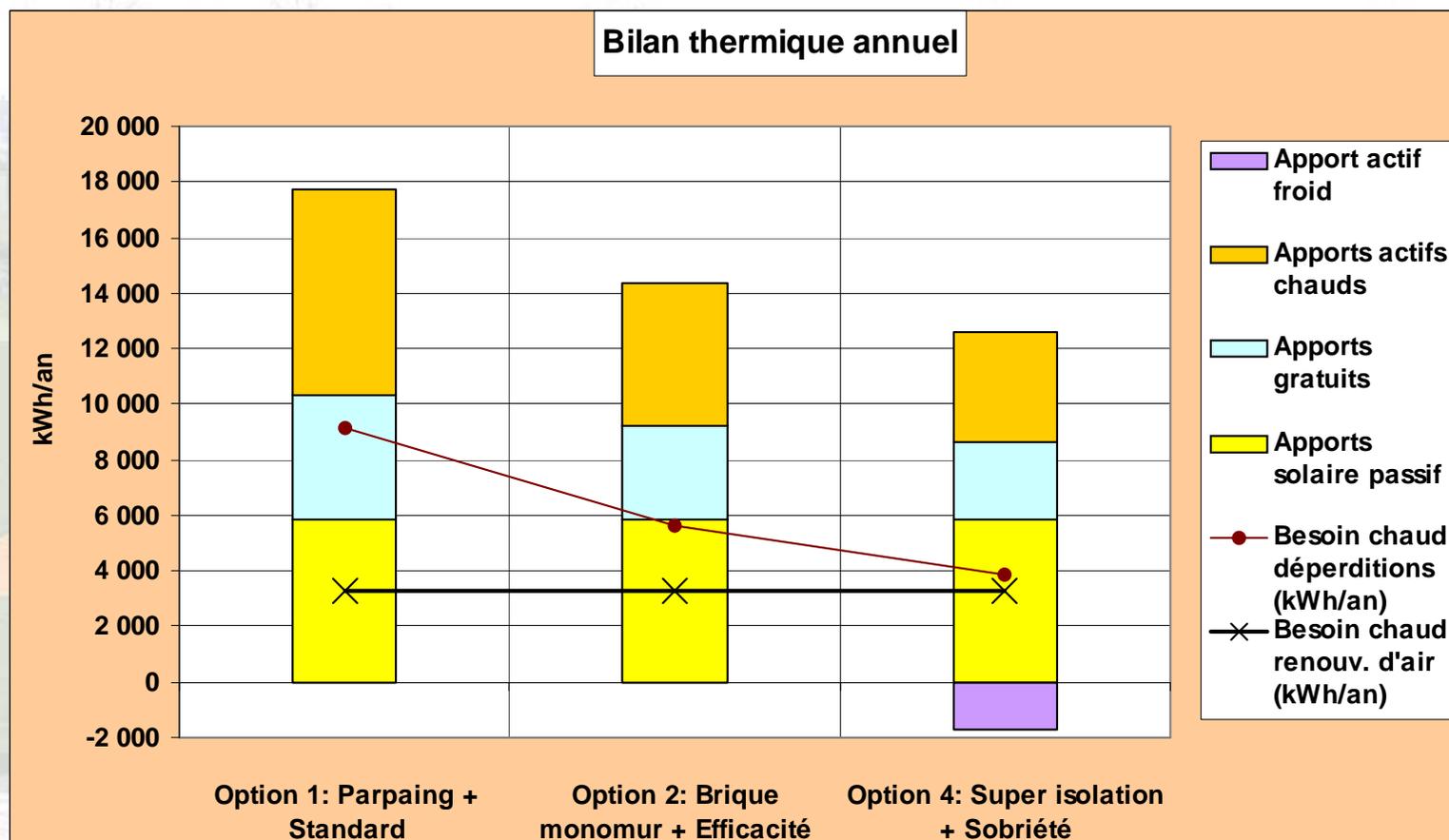
# Bilan électrique mensuel

Maison ZEN 100 m<sup>2</sup> - option brique monomur – PV 4,2 kWc



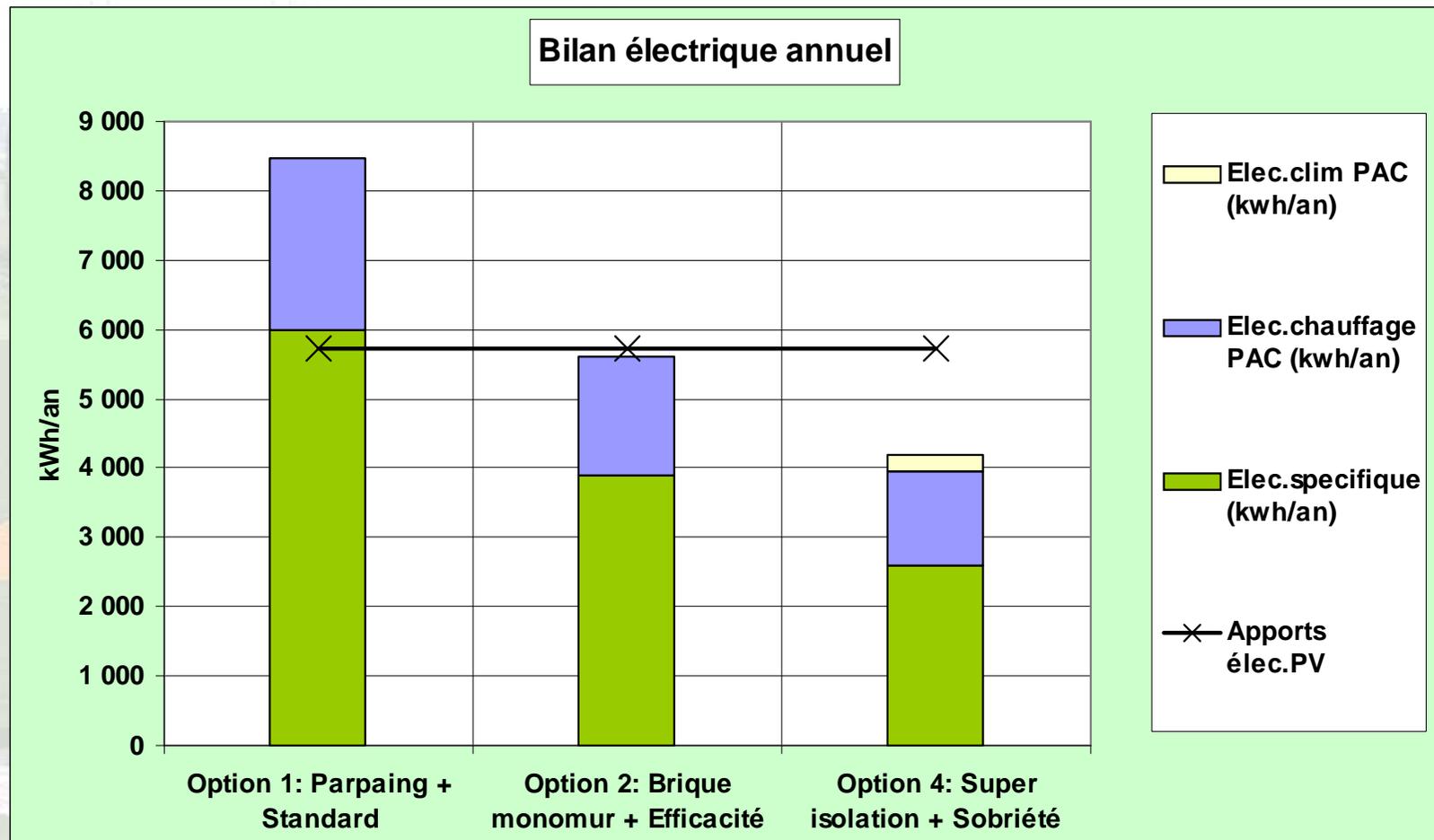
- Menu
- Bilans mensuels
- Bilans annuels
- Surcoûts à la construction
- Retour d'investissement

# Bilan thermique annuel



- Menu
- Bilans mensuels
- **Bilans annuels**
- Surcoûts à la construction
- Retour d'investissement

# Bilan électrique annuel



- Menu
- Bilans mensuels
- Bilans annuels

# Surcoûts attendus

- **Surcoûts à la construction**

Retour d'investissement

Bâtiment d'habitation à énergie positive		SURFACE		100	m <sup>2</sup>
Investissements (euro)		Reference	Option 2	Option 4	
		Parpaing+isol stand	Briques monomur	Ossature bois	
<b>Toiture</b>		1 269	4 628	5 869	
<b>Maçonnerie</b>		11 454	12 823	10 773	
<b>Plancher</b>		5 541	5 341	6 400	
<b>Vitrage</b>		785	942	942	
<b>Total isolation passive</b>		<b>19 049</b>	<b>23 733</b>	<b>23 983</b>	
Chauffage actif (kWh /m <sup>2</sup> .an)		75	51	40	
Electr (kWh /m <sup>2</sup> .an)		60	39	26	
Chaudière gaz		2 000	0	0	
Plancher chauffant		5 000	5 000	0	
PAC air extrait / eau		0	6 000	0	
PAC eau/eau		0	0	0	
Capt horiz / Puits canadien		0	0	1 000	
Forage vertical		0	0	0	
PAC air extrait / air		0	0	5 000	
Système PV		0	39 750	39 750	
<b>Total chauffage / elec actif</b>		<b>7 000</b>	<b>50 750</b>	<b>45 750</b>	
<b>TOTAL brut</b>		<b>26 049</b>	<b>74 483</b>	<b>69 733</b>	
<b>Surcoût brut</b>		<b>0</b>	<b>48 434</b>	<b>43 685</b>	
Subventions industriels					
Subvention Département		0	0	0	
Subvention Région		0	7 950	7 950	
Subvention ADEME		0	20 160	20 160	
<b>TOTAL Aides</b>		<b>0</b>	<b>28 110</b>	<b>28 110</b>	
<b>TOTAL après subvention</b>		<b>26 049</b>	<b>46 373</b>	<b>41 623</b>	
<b>Surcoût net</b>		<b>0</b>	<b>20 324</b>	<b>15 575</b>	

- Menu
- Bilans mensuels
- Bilans annuels
- Surcoûts à la construction
- **Retour d'investissement**

# Economies attendues

<b>RENTABILITE</b>	<b>Reference</b> Parpaing+isol stand	<b>Option 2</b> Briques monomur	<b>Option 4</b> Ossature bois
Amortissement annuel sur ... ans	<b>20</b>	<b>1 016</b>	<b>779</b>
Maintenance (en % du surcoût)	<b>0,5%</b>	<b>102</b>	<b>78</b>
<b>Economies annuelles (euro)</b>	<b>Reference</b>		
BOIS + ELEC	1 015	<b>-3</b>	<b>258</b>
FIOUL + ELEC	969	<b>-24</b>	<b>237</b>
GAZ +ELEC	928	<b>-190</b>	<b>71</b>
TOUT ELECTRIQUE	1 614	<b>346</b>	<b>608</b>
<b>Temps de retour du surcoût de l'investissement (ans)</b>			
BOIS + ELEC		20	14
FIOUL + ELEC		21	15
GAZ +ELEC		25	18
TOUT ELECTRIQUE		15	12

Pour l'option 4 (super-isolation), le temps de retour était inférieur à 20 ans dans tous les cas de substitution suivant le tarif des énergies fossiles en 2004 ! ...



**EN**  
**RÉSUMÉ**

Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

# En résumé

Avec les techniques actuelles, il est possible de **diviser par quatre** la consommation d'énergie primaire d'une maison individuelle et d'atteindre l'autonomie énergétique avec les ratios suivants :

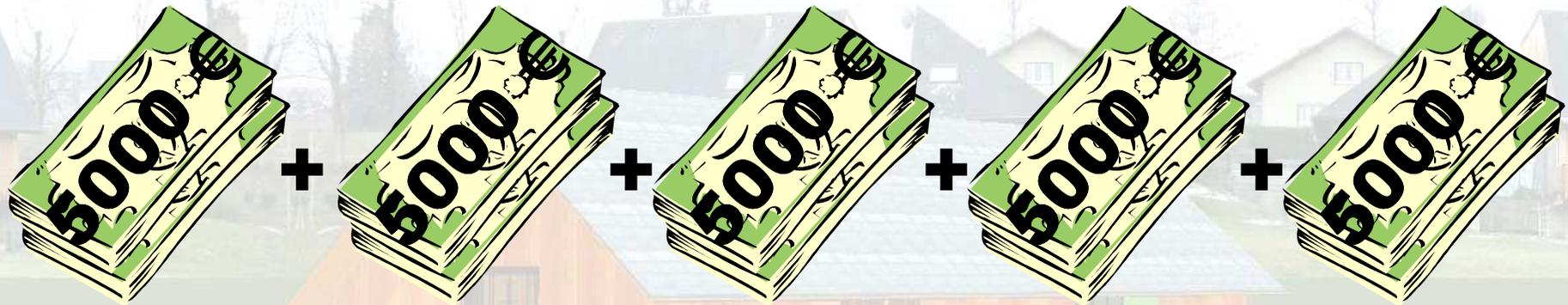
- **BESOINS ACTIFS (par m<sup>2</sup> de surface habitable)**

	Thermique	COP	Electrique
– Chauffage actif :	32 kWh <sub>th</sub> /an	4	8 kWh <sub>el</sub> /an
– Renouvellement d'air :	32 kWh <sub>th</sub> /an	4	8 kWh <sub>el</sub> /an
– Rafraîchissement :	6 kWh <sub>th</sub> /an	2	3 kWh <sub>el</sub> /an
– Electricité spécifique :			26 kWh <sub>el</sub> /an
– <b>Eau chaude sanitaire :</b>	<b>15 kWh<sub>th</sub> /an</b>		
• <b>TOTAL : 60 kWh /an =</b>	<b>15 kWh<sub>th</sub> /an</b>	<b>+</b>	<b>45 kWh<sub>el</sub> /an</b>

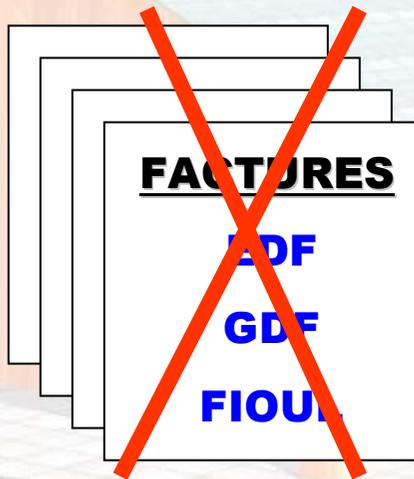
- **APPORTS ACTIFS (pour 100 m<sup>2</sup> de surface habitable / 4 personnes)**

– PAC Air-extrait / Air : 3 kWth	7 000 kWh <sub>th</sub> /an	(-1 900 kWh <sub>el</sub> /an)
– Solaire PV : 4 kWc (soit 40 m <sup>2</sup> de modules)		4 500 kWh <sub>el</sub> /an
– <b>Solaire TH : 1,5 kWc (soit 4 m<sup>2</sup> de capteurs)</b>	<b>1 500 kWh<sub>th</sub> /an</b>	

# Dépenses < 25 000 €



=





Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

***Conception et réalisation du diaporama***

**Alain RICAUD**

**CYTHELIA**

**Tel : 33(0)4 79 25 31 75**

**Fax : 33(0)4 79 25 33 09**

**E-mail : [ar@cythelia.fr](mailto:ar@cythelia.fr)**



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

***Réalisation de la partie audiovisuelle***

**Pierre DEFRANCE**

**Pierre DEFRANCE Réalisations**

**04 79 34 20 84**

**06 19 54 28 27**

**[defrancepierre@wanadoo.fr](mailto:defrancepierre@wanadoo.fr)**



Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac



**Cythelia - Octobre 2005**

Cythelia Expertise et Conseil  
Savoie-Technolac

