

Eau chaude solaire thermique



Association P'TIWATT – Section APPER *Porte de Normandie*

29 bis, rue Saint Léger

27120 – Villégats - FRANCE

Téléphone : +33 (0)7 69 07 49 85

Email : ptiwatt@mailoo.org

Blog : <http://ptiwatt.kyna.eu>

R.N.A. W273003956 - **SIRET** 850 095 902 00019

Partie 1 - Préambule

- ✓ Présentation de l'association APPER
- ✓ Objectifs de ce module
- ✓ Consommation énergétique annuelle d'un foyer type
- ✓ Evaluer ses besoins énergétiques
- ✓ Ce qui se mesure s'améliore
- ✓ L'argus de l'énergie
- ✓ Commencer par réduire sa consommation
- ✓ Comment réduire ou transférer ses besoins énergétiques
- ✓ L'architecture climatique
- ✓ Choisir des appareils efficaces

Présentation de l'association APPER

- ✓ L'association APPER aide les auto-constructeurs ou auto-installateurs dans leurs chantiers et dans leurs projets de chauffage solaire et/ou d'eau chaude solaire (dimensionnement, conseils, suivi d'installations, groupement d'achat de matériels solaires, forums ...)
- ✓ L'association P'TIWATT est une section de l'association APPER. C'est à dire que nous relayons localement son action en assurant la promotion des énergies renouvelables et particulièrement du solaire thermique.



www.apper-solaire.org

Objectifs de ce module

Ce module de formation a pour objet de familiariser les stagiaires avec la production d'eau chaude solaire thermique.

Notre objectif premier est que le stagiaire soit à même de mettre en oeuvre un chauffe-eau solaire thermique.

La formation alterne théorie et pratique.

Les grands principes théoriques seront présentés, ainsi que les principales erreurs à éviter.

D'un point de vue pratique, nous apprendrons à réaliser un masque solaire, évaluer le gisement solaire, évaluer le besoin énergétique en eau chaude solaire, dimensionner et simuler un système solaire thermique avec CALSOL, installer un chauffe-eau solaire en circulation forcée et en thermosiphon, réaliser quelques opérations simples de plomberie

Les installations de l'association P'TIWATT et de leurs membres actifs serviront de supports pédagogiques.

Consommation énergétique annuelle d'un foyer type

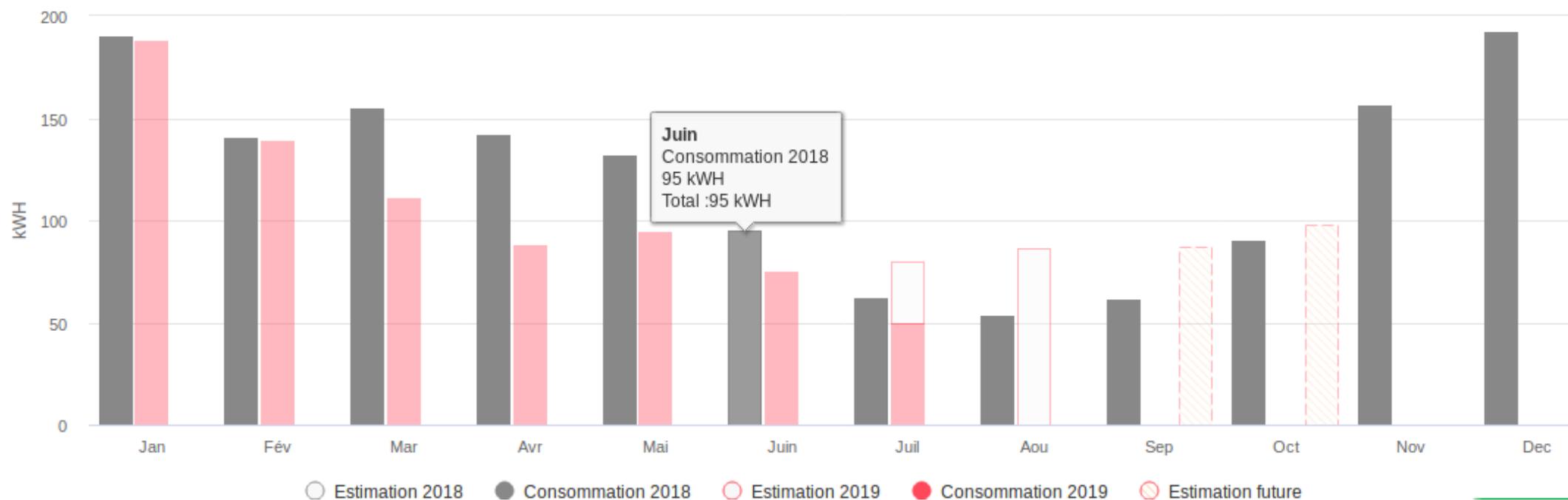
Consommation énergétique d'un foyer type

13500 kWh par an

Répartition de la consommation d'un foyer type

Energie électrique	4500 kWh
Chauffage	6000 kWh
Eau chaude	3000 kWh

Ce qui se mesure s'améliore



Le montant total de votre électricité sur l'année 2018 est de

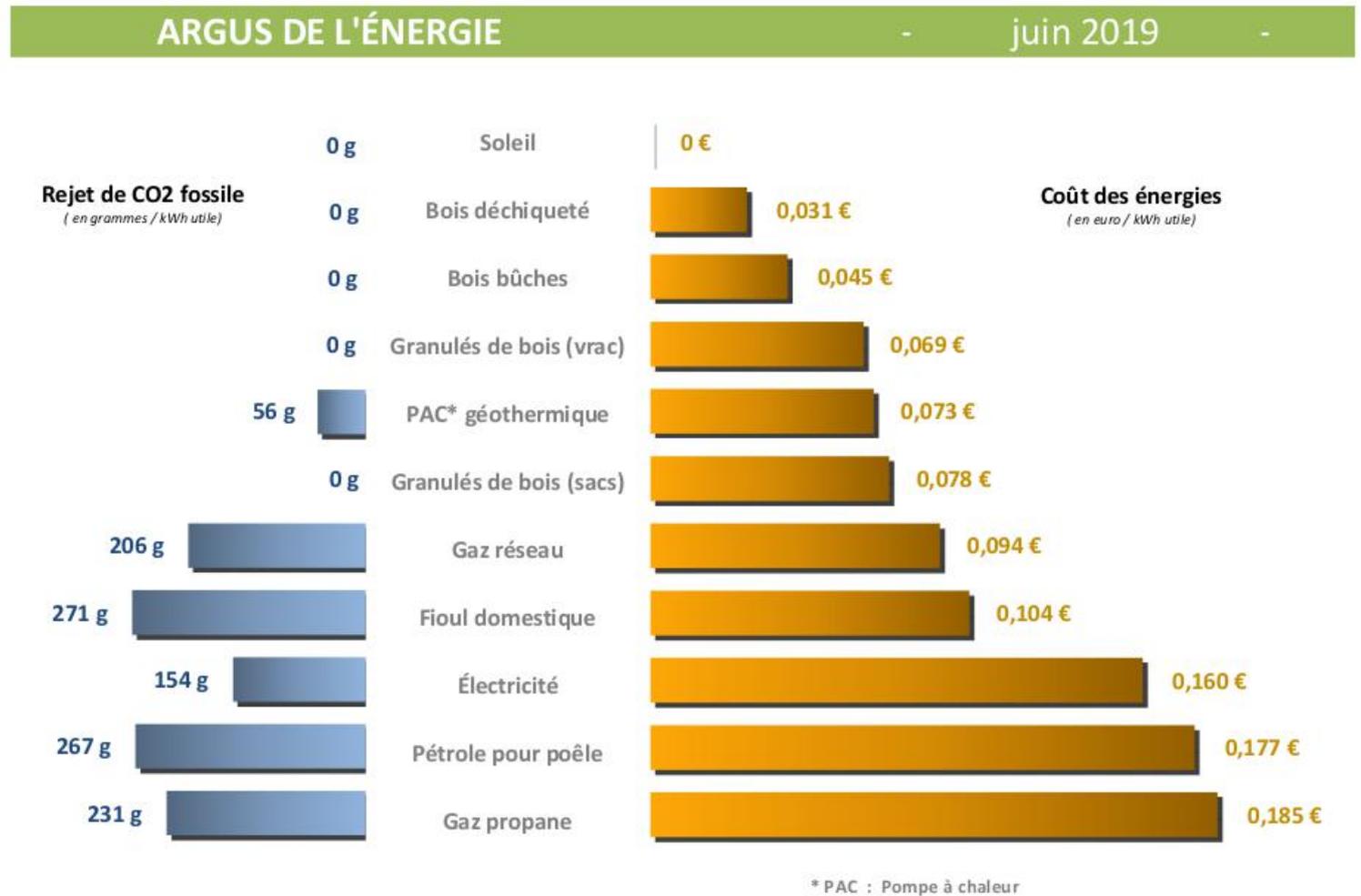
En relevant vos consommations chaque mois sur votre espace client, bénéficiez de réductions et anticipez vos consommations à venir.

Montant TTC:

289,64€

L'argus de l'énergie

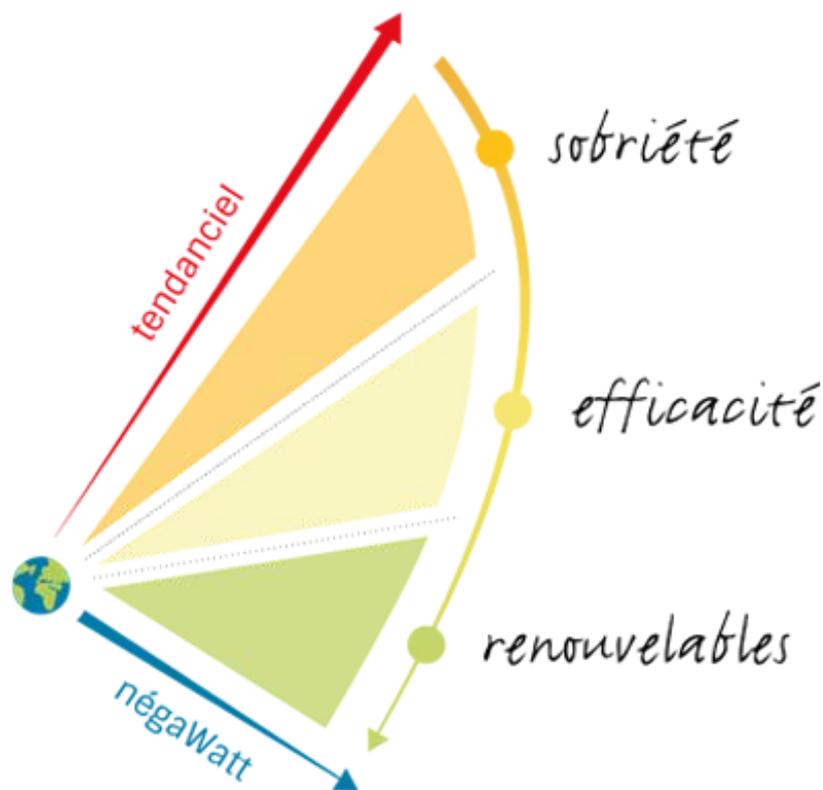
Avec ce tableau, on comprend que choisir un système solaire, c'est une occasion d'agir efficacement sur la réduction de l'effet de serre, de s'affranchir de la hausse des énergies traditionnelles et de réaliser de belles économies



Source : ajena.org

Commencer par réduire sa consommation

- ✓ Avant de chercher à produire de l'énergie renouvelable, il est souhaitable de commencer à réduire sa consommation



Source : negawatt.org

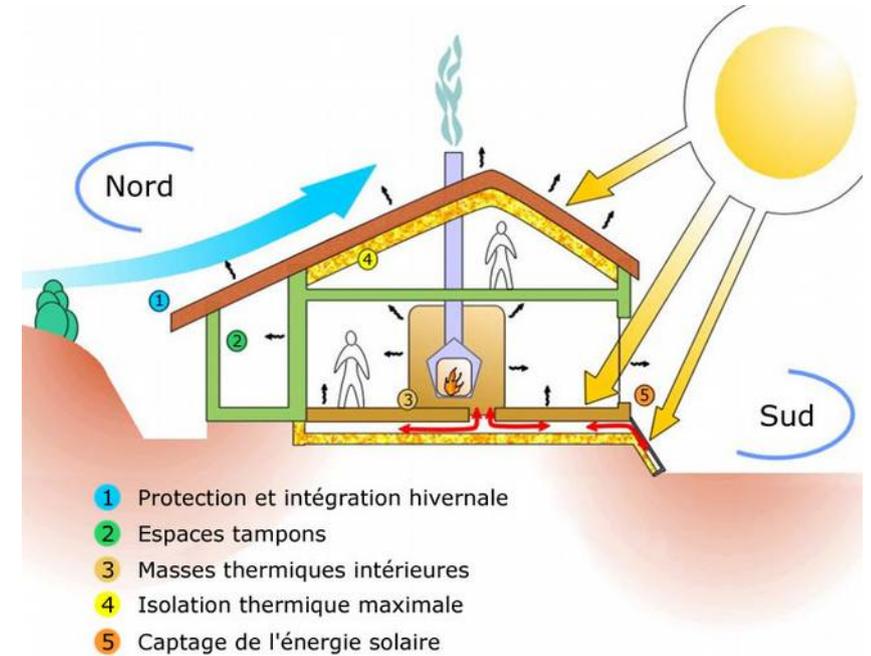
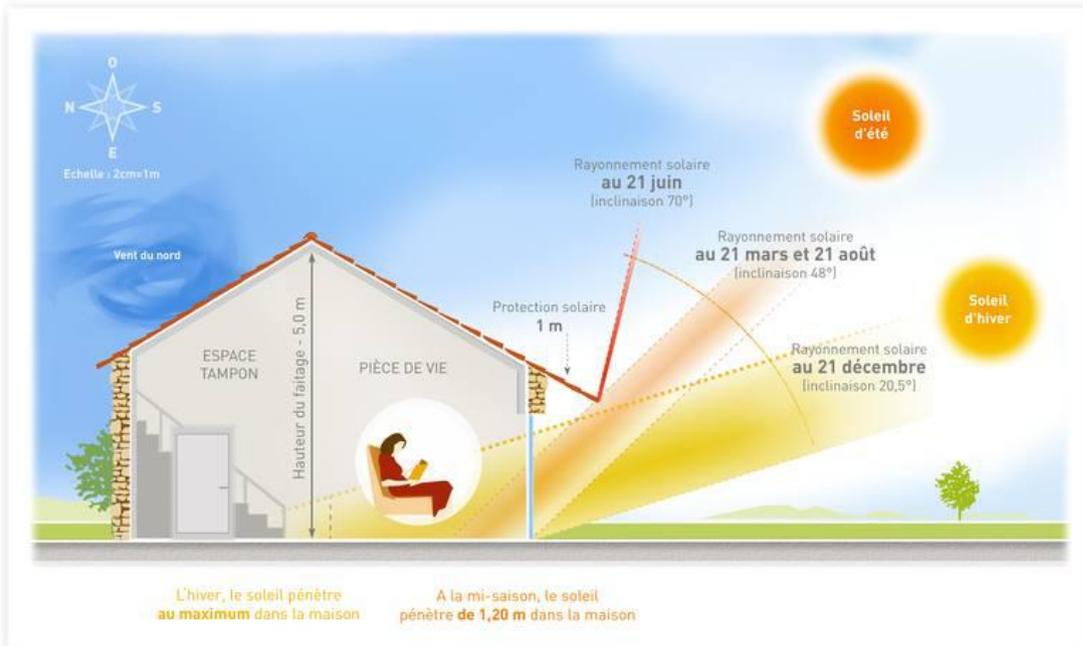
Comment réduire ou transférer ses besoins énergétiques

- ✓ Isoler, sur-isoler
- ✓ Tester et supprimer les appareils électriques inutiles
- ✓ Prférez **l'énergie solaire thermique ou le bois pour la production de chaleur** :
 - Chauffage ;
 - eau chaude solaire ;
 - cuisson.



L'architecture climatique

✓ Profitez des apports solaires passifs



Source : onpeutlefaire.com

Choisir des appareils efficaces

- ✓ Remplacer les appareils défectueux par des appareils efficaces
- ✓ Adoptez un éclairage LED



Source : interconstruction.fr

Partie 2 - Le gisement solaire

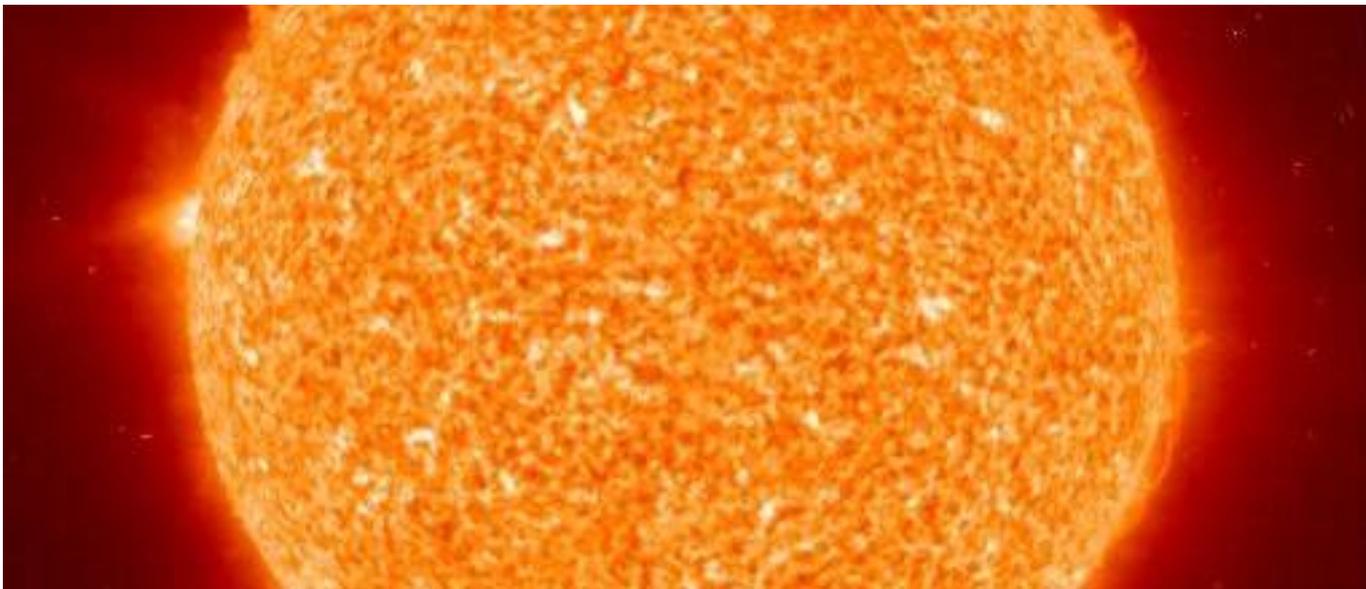
- ✓ Une énergie solaire abondante
- ✓ Le gisement solaire
- ✓ Le gisement solaire en Normandie
- ✓ Le productible en Normandie
- ✓ Thermique VS photovoltaïque
- ✓ TP n°1 - Simulation avec CALSOL
- ✓ TP n°1 – J'analyse les résultats
- ✓ Les données climatiques à Evreux
- ✓ Trajectoires du soleil à Villégats 27 49°N
- ✓ Effet d'un masque solaire
- ✓ TP n°2 - Masque solaire

Une énergie solaire abondante

Les énergies renouvelables sont très présentes autour de nous, elles sont gratuites, durables, inépuisables. Il suffit de les capter.

L'énergie solaire est disponible partout, non polluante, gratuite et facile à transformer.

C'est l'énergie renouvelable la plus facilement utilisable par des particuliers.



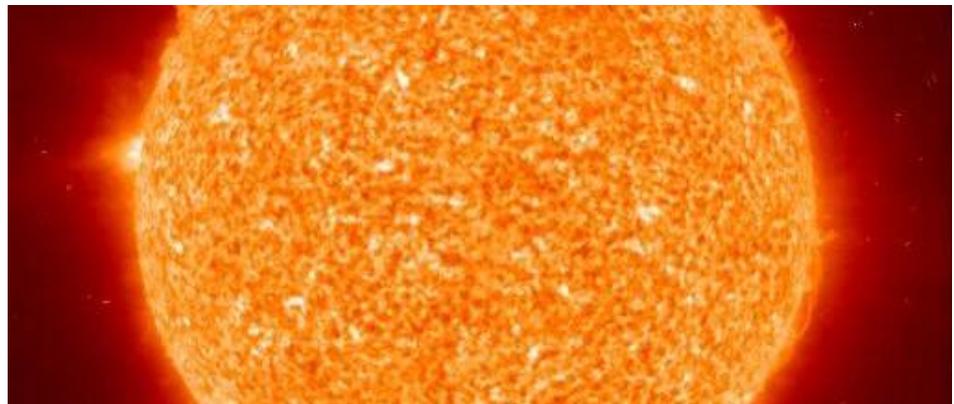
Le gisement solaire

Notre planète reçoit quotidiennement un flux important d'énergie solaire. Été comme hiver la puissance du rayonnement solaire qui atteint une surface perpendiculaire à ce rayonnement est d'environ **1000 W/m²**

En France la quantité d'énergie solaire moyenne reçue sur l'année est de l'ordre de 1115 kWh/m².an

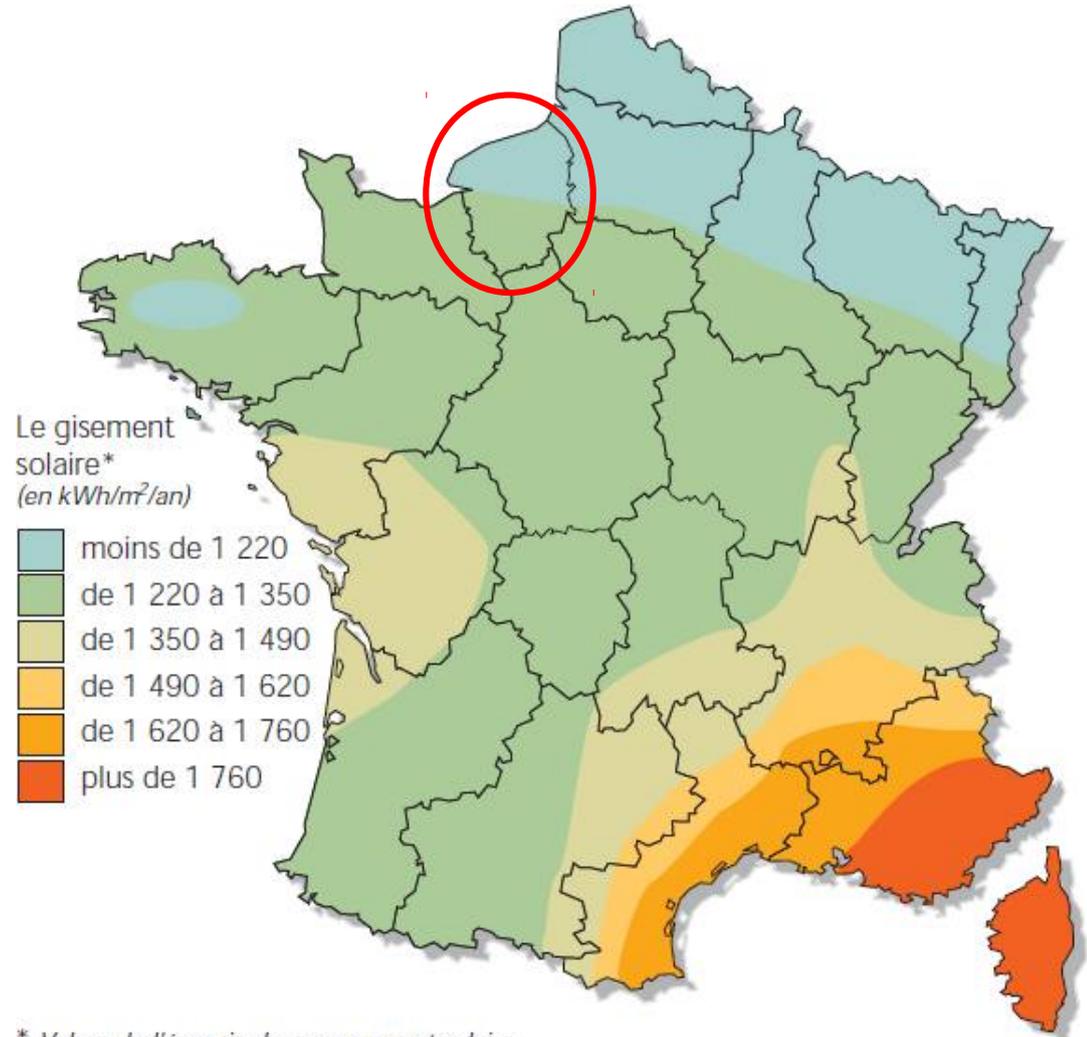
1050 kWh/m².an pour Lille où l'ensoleillement annuel moyen est de 1600 h

1550 kWh/m².an pour Nice où l'ensoleillement annuel moyen est de 2800 h



Le gisement solaire en Normandie

- ✓ Une installation solaire sera moins productive en région Normandie qu'en région PACA.
- ✓ Néanmoins, le gisement moyen en Normandie est d'environ :
1220 kWh/m²/an.



* Valeur de l'énergie du rayonnement solaire reçu sur un plan d'inclinaison égal à la latitude et orienté vers le sud.

Source : ademe.fr

Le productible en Normandie

Les besoins en eau chaude solaire sont plus importants au Nord de la France qu'au Sud. De ce fait, la quantité d'énergie économisée est aussi importante au Nord qu'au Sud. Un système solaire au Nord sera aussi rentable qu'au Sud

Les vraies économies commencent avec un dimensionnement optimal de l'installation solaire. Le projet doit tenir compte de l'ensoleillement de votre région et de vos besoins. Le climat de la région habitée conditionne la superficie de capteur

**Besoin en eau chaude pour 2 personnes
à Evreux est de
~ 2100 kW.h / an**

**Le productible à Evreux varie de
~300 à ~400 kW.h / m².an**



Thermique VS photovoltaïque

- ✓ Un capteur solaire photovoltaïque produit **140 à 150 W/m²**
- ✓ Un capteur solaire thermique produit **400 à 500 W/m²**. L'efficacité énergétique thermique est plus importante et permet des économies directes par rapports aux énergies habituellement utilisées (fuel, gaz, etc)
- ✓ Ces deux applications sont complémentaires : une production locale d'énergie qui économise des énergies primaires non renouvelables
- ✓ La finalité des capteurs solaires photovoltaïques est de produire de l'électricité et **pas de la chaleur**

✓ 140 à 150 W / m²

✓ Production d'électricité

✓ Réservez l'électricité pour ce qui est incontournable



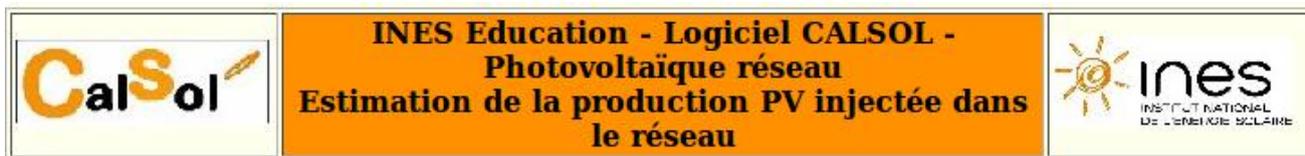
✓ 400 à 500 W / m²

✓ Production de chaleur

✓ Préférez le bois ou le solaire thermique pour la production de chaleur

TP n°1 - Simulation avec CALSOL

- ✓ CALSOL est un outil informatique gratuit et disponible en ligne depuis le site Internet de l'INES
- ✓ Il permet de dimensionner un chauffe-eau solaire sur la base des données climatiques du lieu d'exploitation, des consommations d'eau chaude, du matériel utilisé et du rendement de l'installation. CALSOL réalise des calculs thermiques, économiques mais aussi le calcul du gain environnemental.



Lieu	= Evreux
Volume	= 2 x 50 litres
Delta T	= +50 °C
Coût de l'énergie substituée	= 0,16 € par kW.h (diapo n°8)
Coût de l'installation	= 2000 €
Surface	= 5 m ²
Durée de vie	= 20 ans
Subvention	= 0 %
Facteur optique B	= 0,75
Perte thermique K	= 3,5 W / m ² .°C

Source : <http://ines.solaire.free.fr>

TP n°1 - J'analyse des résultats

- ✓ La quantité de CO² évitée est non négligeable
 - ✓ Un appoint en chaude solaire sera **nécessaire de novembre à début mars**
 - ✓ La production **dépasse le besoin en eau chaude solaire** au cours des mois de juin, juillet, août et septembre !
-
- ✓ **Energie produite par unité de surface** = _____ kW.h / m².an
 - ✓ **Coût de revient du kW.h solaire** = _____ € par kW.h
 - ✓ **Couverture des besoins en chaude solaire** = _____ %
 - ✓ **Quantité de CO² évitée** = _____ kg / an
 - ✓ **Temps de retour sur investissement** = _____ années

Source : ines.solaire.free.fr

Les données climatiques à Evreux

- ✓ La production solaire est la plus faible au moment où le besoin en eau chaude solaire est le plus élevé
- ✓ La production solaire est la plus élevée au moment où le besoin en eau chaude est le plus faible

Température de l'eau

Calculs thermiques, moyenne par jour ou cumulés sur la durée [COMPARAISONS](#)

-	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
IGP (kWh/m ²)	46	55	86	104	117	124	121	121	108	75	50	38	1047
T air (°C)	2.7	3.2	5.5	8	11.6	14.4	16.7	16.4	13.8	10.3	8	5	9.6
T eau (°C)	5.4	5.4	6.5	8.4	10.6	12.5	13.6	13.6	12.5	10.6	8.4	6.5	9.5
Besoins (kWh)	197	178	193	180	178	165	167	167	165	178	180	193	2139
Apports (kWh)	63	74	114	136	153	162	162	165	149	104	72	54	1407
Couverture (%)	32	41.8	59.4	75.8	85.8	97.8	96.9	98.5	89.9	58.7	40.1	27.8	65.8

Energie lumineuse reçue

Irradiation sur un plan d'inclinaison 60° et d'orientation 0°. [Comparaisons](#)

Irradiation :	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
Directe (IBP)	0.97	1.15	1.47	1.64	1.55	1.69	1.56	1.86	2.07	1.45	1.08	0.8	1.44
Diffuse (IDP)	0.47	0.75	1.16	1.66	2.01	2.19	2.11	1.82	1.37	0.89	0.54	0.39	1.28
Réfléchie (IRP)	0.05	0.07	0.12	0.18	0.23	0.26	0.24	0.22	0.17	0.09	0.05	0.04	0.14
Globale (IGP)	1.48	1.97	2.76	3.48	3.79	4.14	3.91	3.9	3.61	2.43	1.68	1.22	2.87

Source : ines.solaire.free.fr

Trajectoires du soleil à Villégats 27

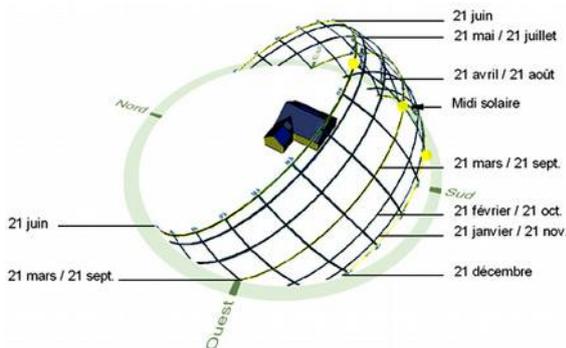
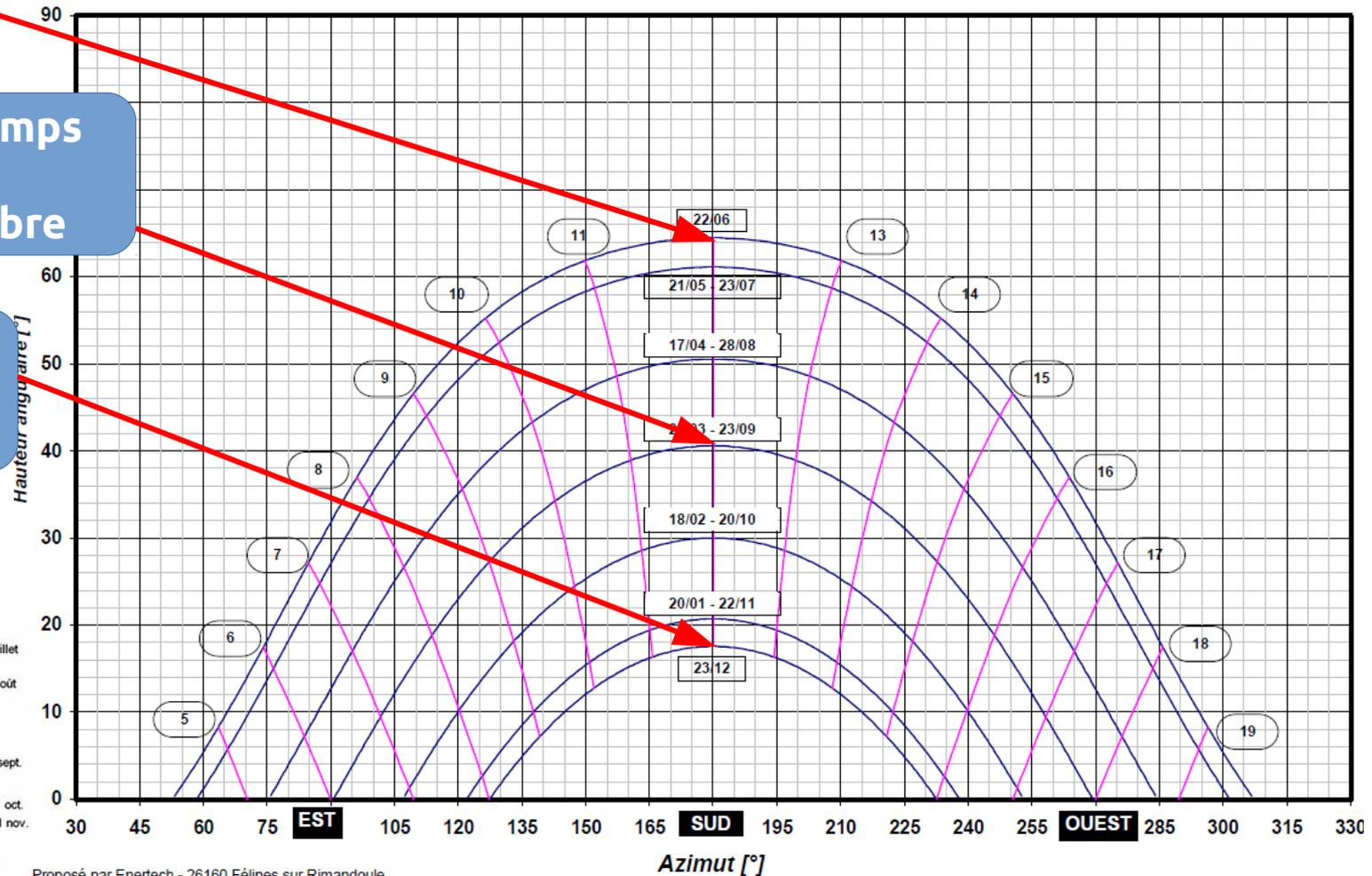
Latitude = 49°N

Solstice d'été
21 juin

Equinoxes de printemps
et d'automne
21 mars/21 septembre

Solstice d'hiver
21 décembre

TRAJECTOIRES DU SOLEIL
(Latitude = 49°N)

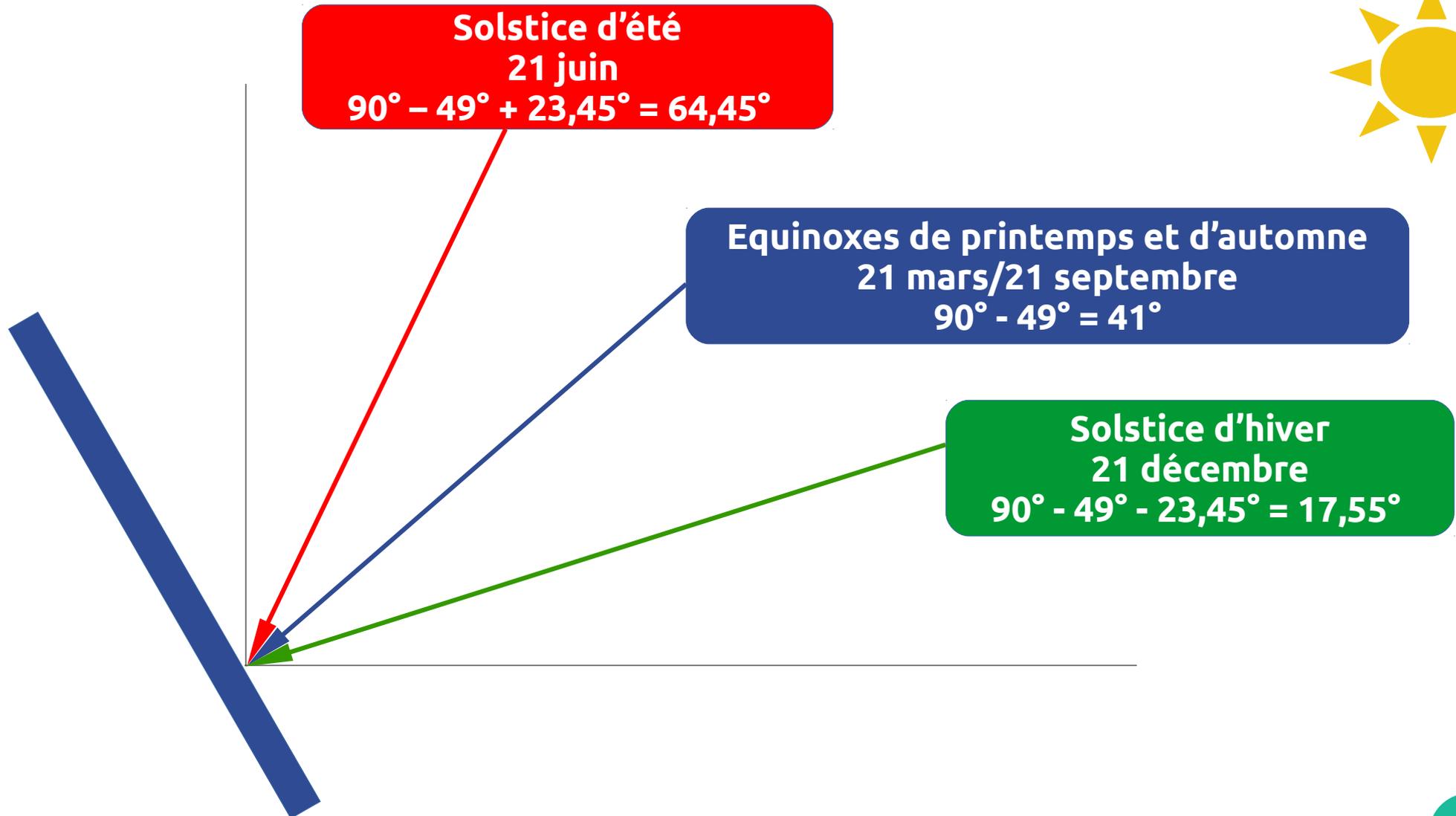


Proposé par Enertech - 26160 Félines sur Rimandoule

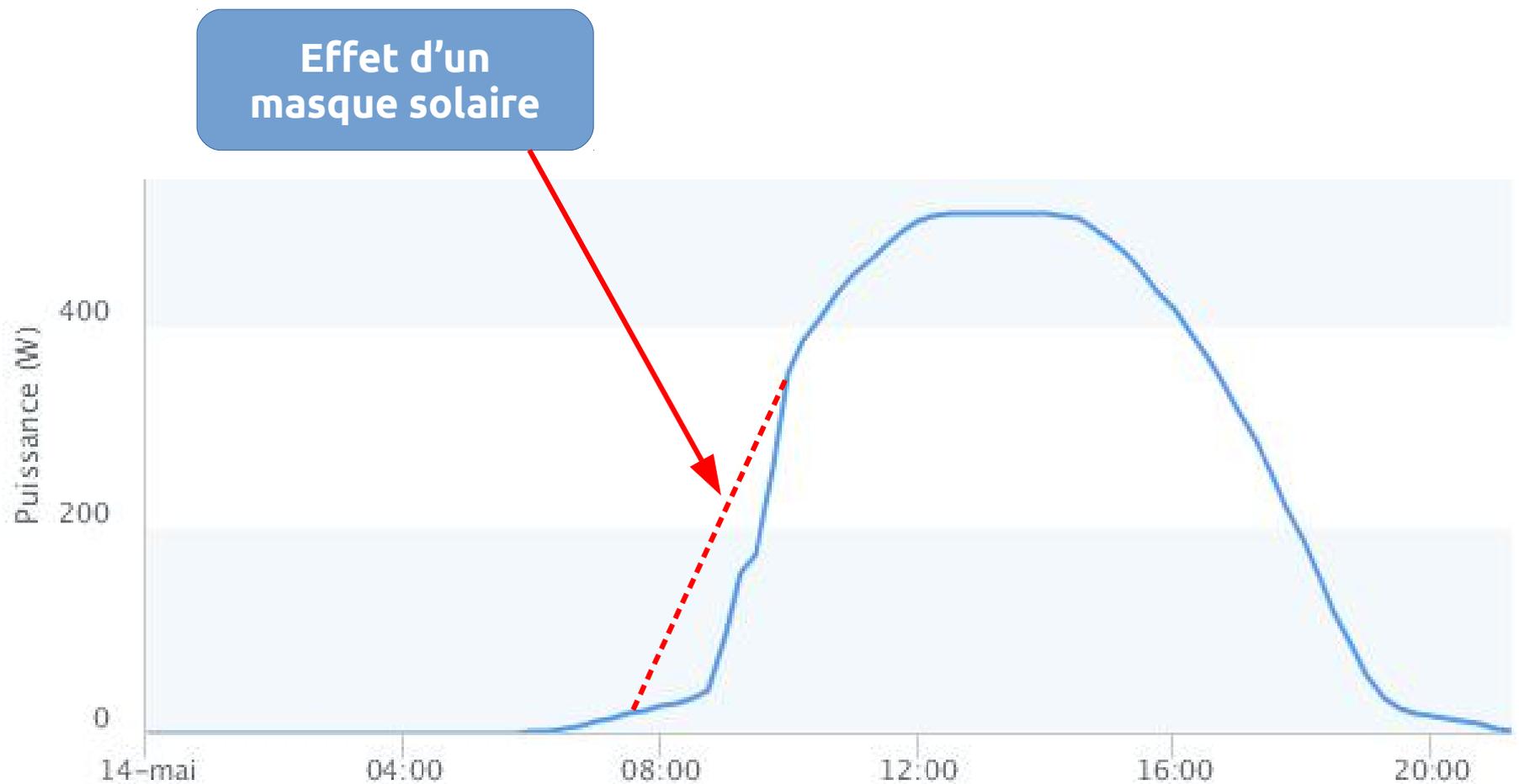
Source : Enertech

Trajectoires du soleil à Villégats 27

Latitude = 49°N

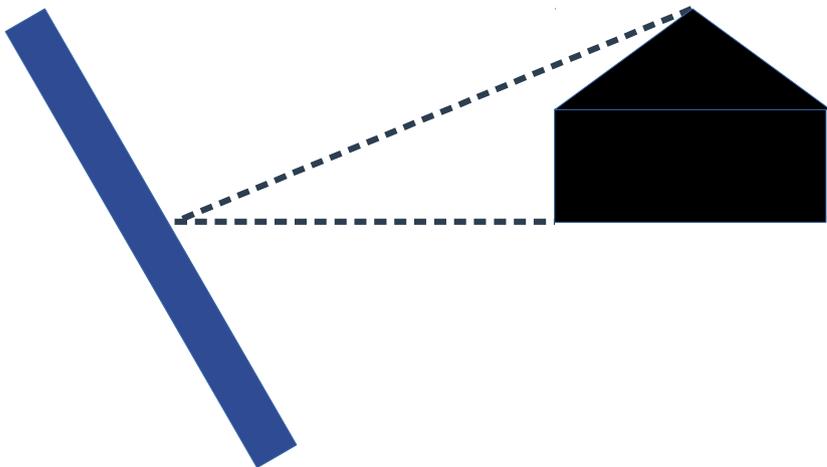


Effet d'un masque solaire

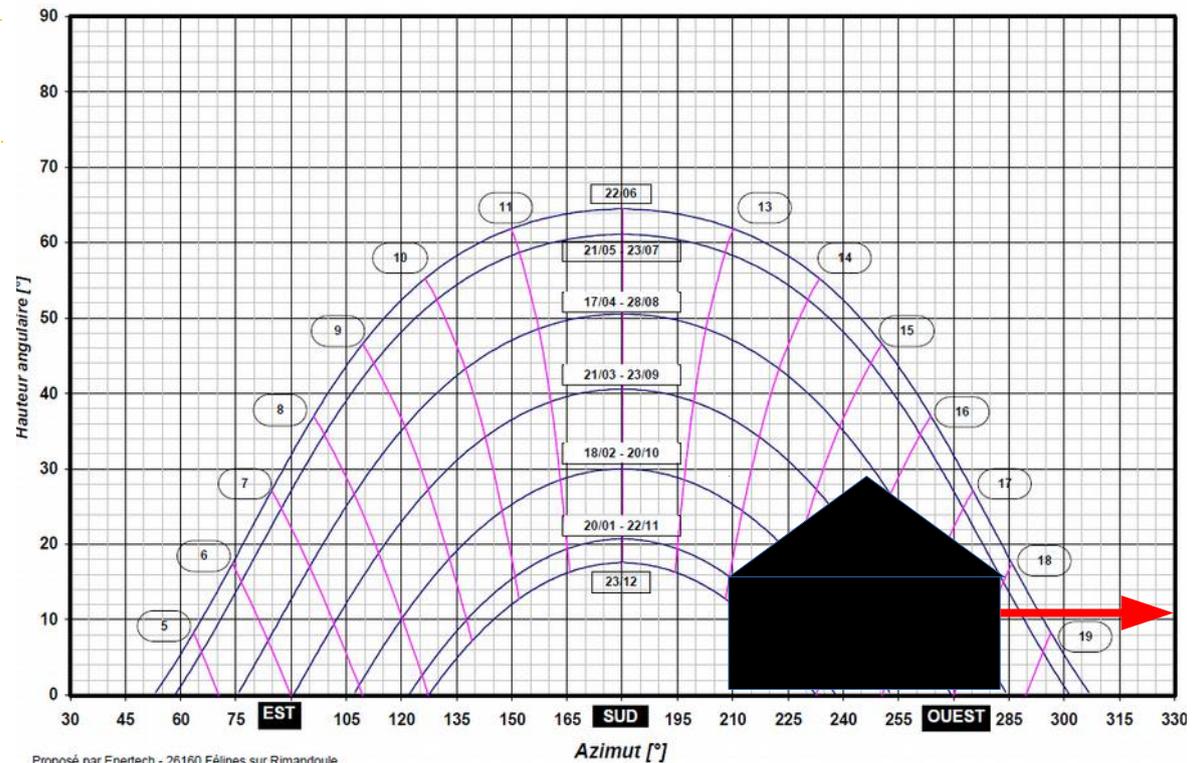


TP n°2 - Masque solaire

- ✓ Avant toute installation de capteur solaire, il faut effectuer un relevé des masques solaires afin de prendre en compte les éventuelles ombres portées par les maisons, arbres, ...
- ✓ En fonction de l'impact engendré par les ombres, il est parfois préférable de décaler les capteurs ou de modifier leur orientation de quelques degrés afin de mieux profiter du rayonnement.



TRAJECTOIRES DU SOLEIL
(Latitude = 49 °N)



Proposé par Enertech - 26160 Félines sur Rimandoule

Partie 3 - Evaluer son besoin énergétique en eau chaude

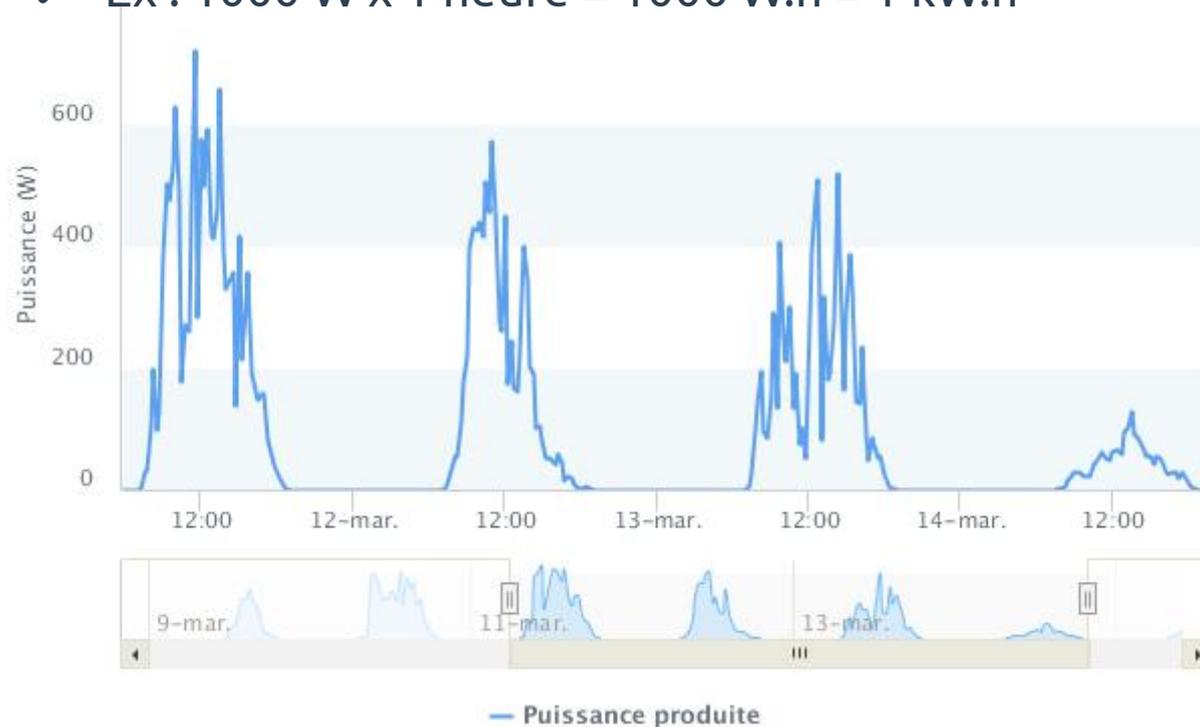
- ✓ Unités et formules de base
- ✓ Bien comprendre les notions de puissance et d'énergie
- ✓ TP n°3 – J'estime mon besoin énergétique pour l'eau chaude

Unités et formules de base

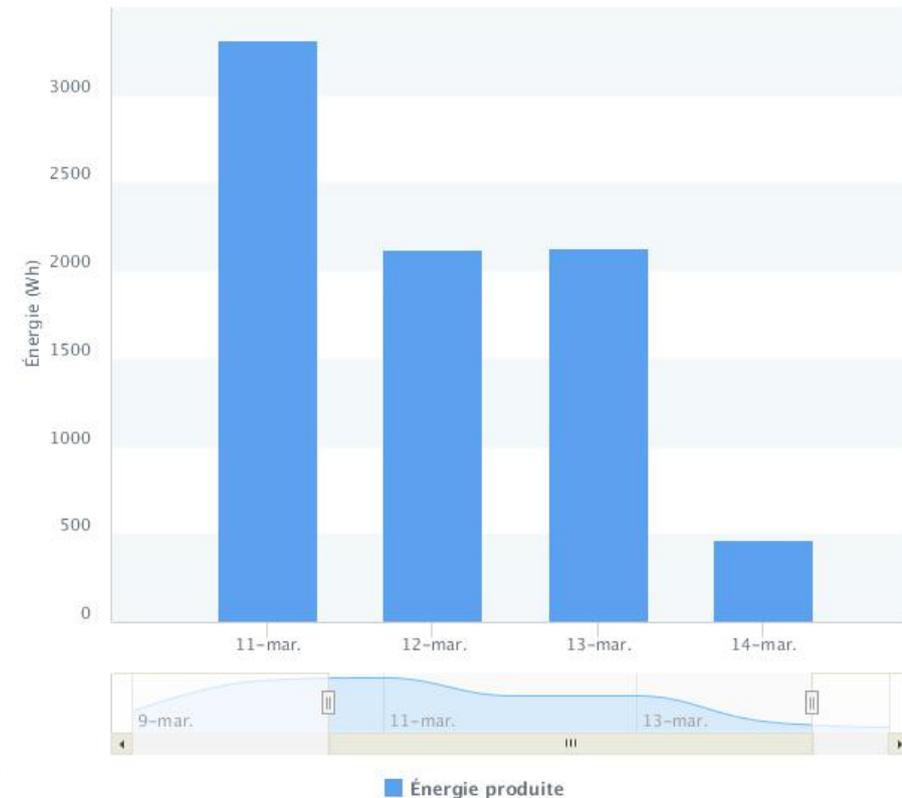
- ✓ V = volume d'eau à chauffer en litre
- ✓ dT = delta de température en °C (ex +50°C pour passer de 10°C à 60°C)
- ✓ P = puissance en watt
- ✓ E = énergie ou consommation en W.h (ex 1 kWh = 1000 W x 1 heure)
- ✓ E_{cal} = quantité d'énergie en calorie (1 calorie pour élever 1 gramme d'eau de 1°C)
- ✓ E_{joule} = quantité d'énergie en joules (1 calorie = 4,18 joules)
- ✓ $E_{\text{W.s}}$ = quantité d'énergie en W.s (1 W.s = 1 joule)
- ✓ $E_{\text{W.h}}$ = quantité d'énergie en Wh (1 W.h = 3600 W.s = 3600J)
- ✓ $E_{\text{kW.h}}$ = quantité d'énergie en kWh (1 kW.h = 1000 x W.h = 1000 x 3600 J)

Bien comprendre les notions de puissance et d'énergie

- ✓ La puissance s'exprime en W
- ✓ Energie = puissance x temps
- ✓ L'énergie s'exprime en W.h
- ✓ Ex : $1000 \text{ W} \times 1 \text{ heure} = 1000 \text{ W.h} = 1 \text{ kW.h}$



Puissance instantanée en W sur 4 jours



Energie produite en Wh sur 4 jours

TP n°3 - J'estime mon besoin énergétique pour l'eau chaude

- ✓ Une personne normale consomme 35 à 50 litres d'eau chaude
- ✓ Il est souhaitable d'intégrer la production de l'eau chaude lave-linge et du lave-vaisselle afin de générer d'importantes économies

Calculer la quantité d'énergie nécessaire pour élever 100 l d'eau de 50°C pendant un an

V	= 100 l
dT	= 50°C
Coût de l'énergie avec EDF	= 0,16 € par kWh (voir diapo n°8)
Coût de l'énergie solaire	= _____ € par kWh (résultat du TP n°1)
Nombre de jours	= 365 jours
E_{cal}	= _____ calories
E_{joule}	= _____ joules
$E_{kW.h}$	= _____ kW.h
Coût avec EDF	= _____ €
Coût avec l'énergie solaire	= _____ €

Partie 4 - Un chauffe-eau solaire pour couvrir nos besoins

- ✓ Commencer par bien dimensionner
- ✓ Ne sur-dimensionnez pas votre installation solaire thermique
- ✓ Attention aux surchauffes
- ✓ Chauffe-eau solaire en thermosiphon
- ✓ Chauffe-eau solaire en circulation forcée
- ✓ Quelques points de vigilance
- ✓ Liste simplifiée du matériel
- ✓ TP n°4 – j'installe un chauffe-eau solaire en circulation forcée

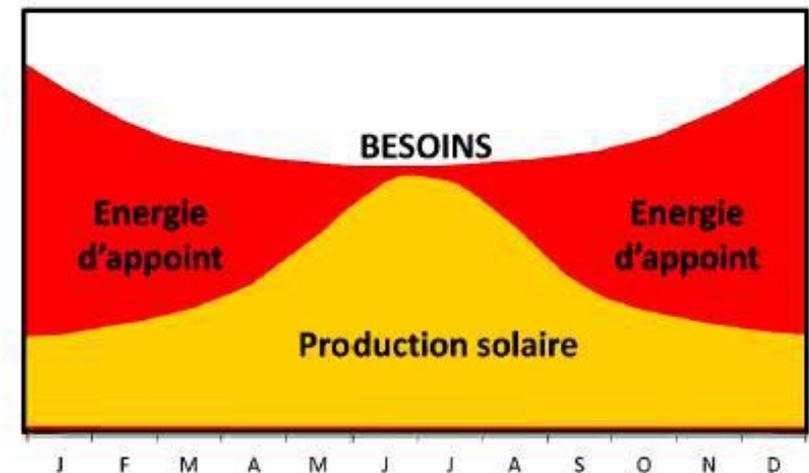
Commencer par bien dimensionner

- ✓ Une estimation fiable permet de dimensionner convenablement le système de production d'eau chaude. C'est un volet important de sa conception. En effet, un bon dimensionnement doit conduire à produire un maximum d'énergie d'origine solaire à un coût compétitif
- ✓ Le taux de couverture solaire doit être compris entre 50 et 70 %
- ✓ Il n'est en effet pas réaliste, ni souhaitable, de vouloir produire 100 % des besoins en ECS en utilisant seulement l'énergie solaire

Calculs thermiques, moyenne par jour ○ ou cumulés sur la durée ● [COMPARAISONS](#)

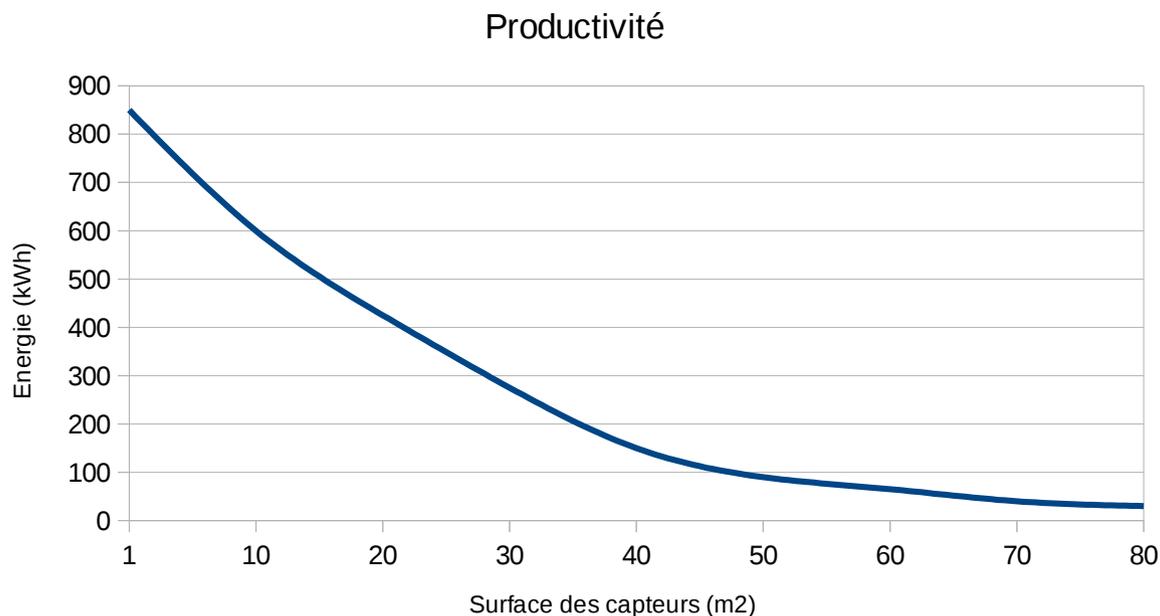
-	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
IGP (kWh/m ²)	46	55	86	104	117	124	121	121	108	75	50	38	1047
T air (°C)	2.7	3.2	5.5	8	11.6	14.4	16.7	16.4	13.8	10.3	8	5	9.6
T eau (°C)	5.4	5.4	6.5	8.4	10.6	12.5	13.6	13.6	12.5	10.6	8.4	6.5	9.5
Besoins (kWh)	197	178	193	180	178	165	167	167	165	178	180	193	2139
Apports (kWh)	63	74	114	136	153	162	162	165	149	104	72	54	1407
Couverture (%)	32	41.8	59.4	75.8	85.8	97.8	96.9	98.5	89.9	58.7	40.1	27.8	65.8

65,8% des besoins pour 2 personnes sont couverts avec 4m² inclinés à 60° à Evreux. La production solaire ne dépasse pas le besoin ✓



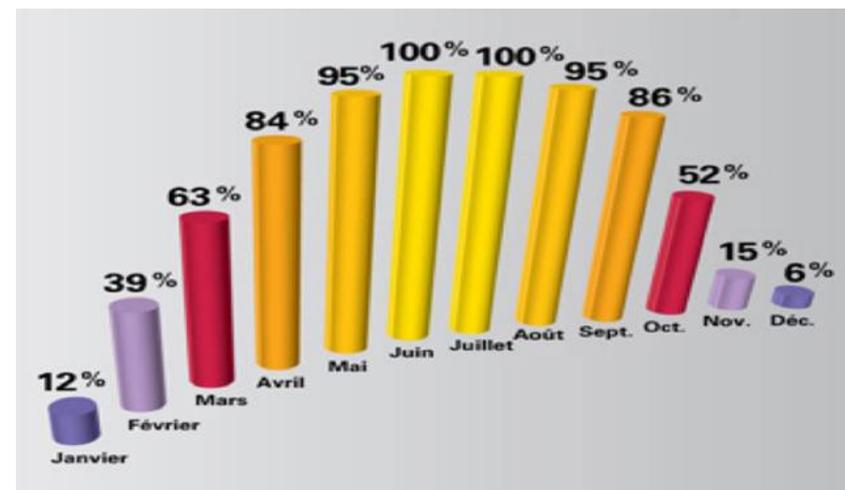
Ne sur-dimensionnez pas votre installation solaire thermique

- ✓ Un sur-dimensionnement entraîne :
 - une augmentation de la production solaire ;
 - mais aussi et surtout **des problèmes techniques liés aux surchauffes**, une augmentation du coût du kWh produit, une baisse de la productivité de l'installation (production par m² et par an)
- ✓ La productivité des capteurs diminue avec la surface
- ✓ Le 1er m² fournit 850 kW.h par an, le 40ème seulement 150 kW.h par an



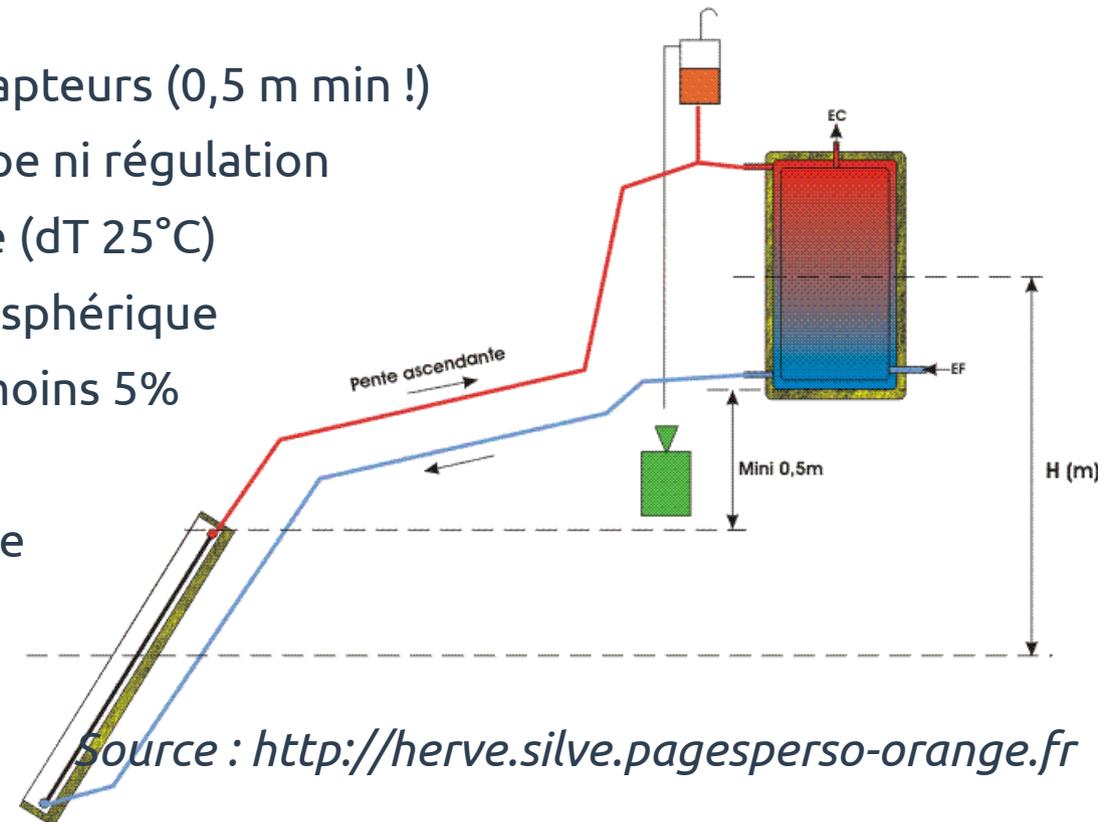
Attention aux surchauffes

- ✓ Le contenu du ballon de stockage risque de bouillir, il faudra probablement obturer les capteurs, les relever ou encore prévoir une boucle de décharge afin de dissiper le trop plein de calories ce qui entraînera une augmentation des coûts. En outre, le liquide solaire va se dégrader rapidement
- ✓ Apprivoisez un logiciel de simulation tel que CALSOL
- ✓ Effectuez plusieurs simulations avant d'arrêter le choix de votre configuration
- ✓ Plafonnez la production solaire au juste besoin
- ✓ Privilégiez la quantité d'énergie solaire par unité de surface au taux de couverture annuelle
- ✓ Relevez les capteurs à au moins 60° **afin d'éviter les surchauffes estivales** et d'augmenter la production hivernale
- ✓ Attention aux matériaux utilisés
- ✓ Couvrir une partie des capteurs l'été



Chauffe-eau solaire en thermosiphon

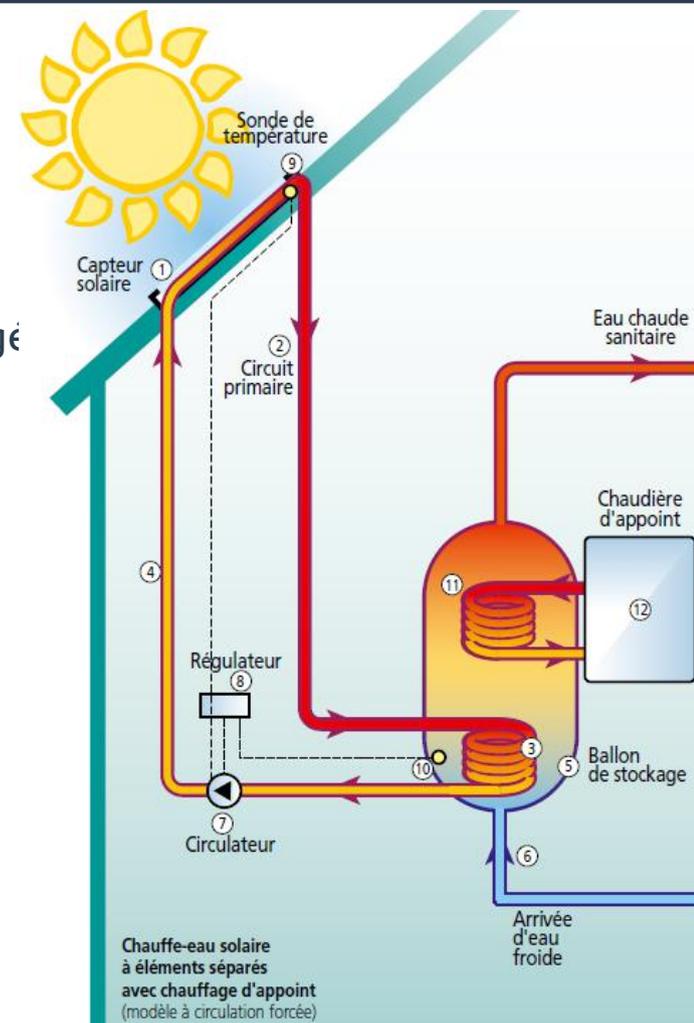
- ✓ La circulation du liquide caloporteur s'effectue naturellement du fait que la masse volumique de l'eau froide est supérieure à celle de l'eau chaude
- ✓ Le liquide caloporteur, chauffé par le capteur solaire, se dilate et s'élève vers le ballon de stockage
- ✓ Le liquide caloporteur échange ses calories dans le ballon de stockage. Lorsque le liquide est refroidi, il descend vers les capteurs
- ✓ Le stockage doit être situé au dessus des capteurs (0,5 m min !)
- ✓ Le système est passif, il ne requiert ni pompe ni régulation
- ✓ Moins réactif qu'un CES à circulation forcée (dT 25°C)
- ✓ Ici, le circuit primaire est à la pression atmosphérique
- ✓ Il faut observer des pentes régulières d'au moins 5%
- ✓ Les tuyaux doivent être bien isolés
- ✓ Il faut être vigilant avec les pertes de charge
- ✓ C'est rustique et économique



Source : <http://herve.silve.pagesperso-orange.fr>

Chauffe-eau solaire en circulation forcée

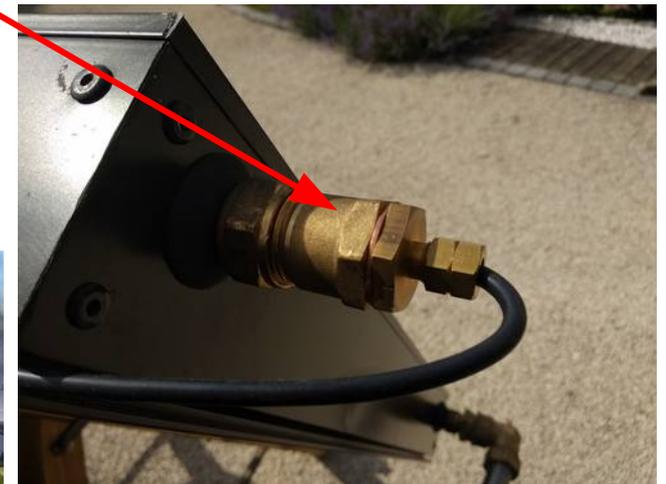
- ✓ La circulation du liquide caloporteur s'effectue via une pompe pilotée par une régulation différentielle
- ✓ Dès que la régulation détecte que la température des capteurs est supérieure à la température du ballon de stockage, elle pilote la pompe de circulation
- ✓ Le liquide caloporteur, chauffé par le capteur solaire, est alors dirigé vers le ballon de stockage
- ✓ Le liquide caloporteur échange ses calories dans le ballon de stockage. Lorsque le liquide est refroidi, il retourne vers les capteurs
- ✓ Le stockage peut être situé en dessous des capteurs
- ✓ Le système requiert une pompe, une régulation et des sondes d'acquisition de températures
- ✓ Un clapet anti-retour évite que les calories accumulées ne soient dissipées par effet thermosiphon
- ✓ Le circuit primaire est très souvent pressurisé
- ✓ Un CES en circulation forcée est plus réactif qu'un CES en thermosiphon



Source : ademe

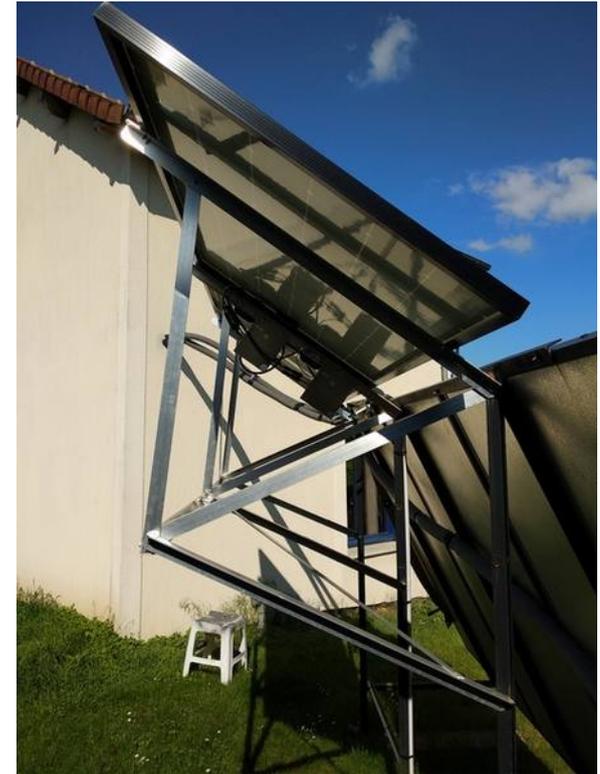
Quelques points de vigilance

- ✓ Placer les équipements suivants sur le retour froid : pompe de circulation, clapet anti-retour, vase d'expansion, robinet de remplissage.
- ✓ Choisir des équipements de qualité solaire : vannes , purges, joints, clapets ...
- ✓ Préférer un clapet anti-retour à battant
- ✓ L'axe de la pompe de circulation doit être horizontal, afin d'éviter la cavitation
- ✓ Les purges et la sonde "capteur" doivent être placées au point le plus haut
- ✓ Le point de remplissage est placé au point le plus bas

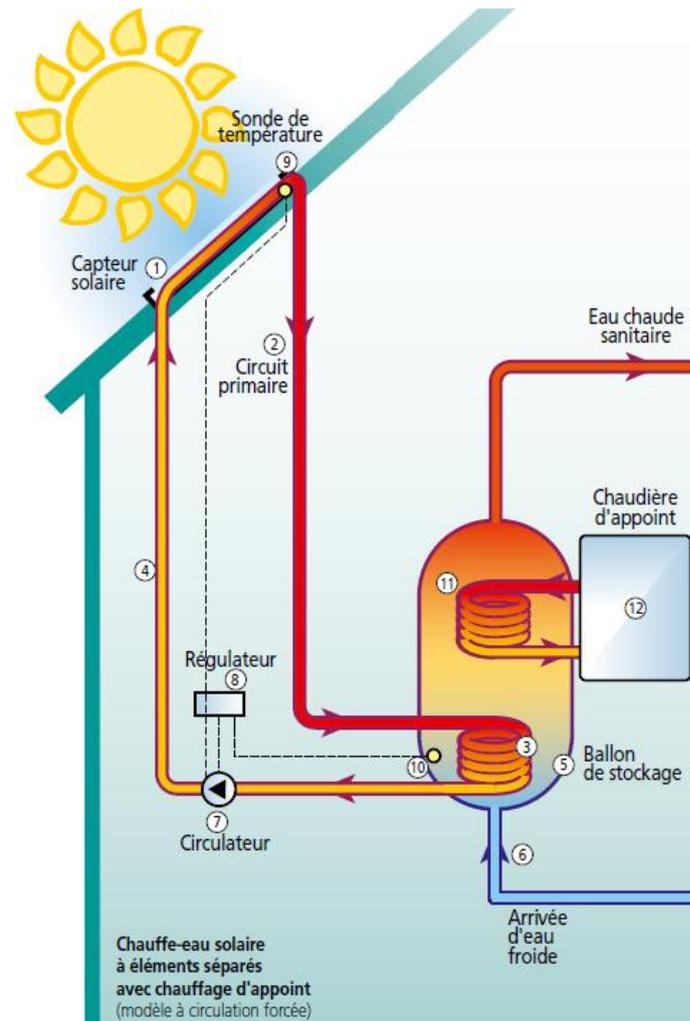


Liste simplifiée du matériel

- ✓ Capteurs solaires plans
- ✓ Support des capteurs
- ✓ Tuyaux
- ✓ Isolants
- ✓ Liquide caloporteur
- ✓ Cumulus solaire
- ✓ Appoint énergie
- ✓ Groupe de sécurité
- ✓ Robinet thermostatique
- ✓ Vase d'expansion
- ✓ Sondes de température (circulation forcée)
- ✓ Régulation différentielle (circulation forcée)
- ✓ Circulateur (circulation forcée)
- ✓ Clapet anti-retour (circulation forcée)



TP n°4 - j'installe un chauffe-eau solaire en circulation forcée

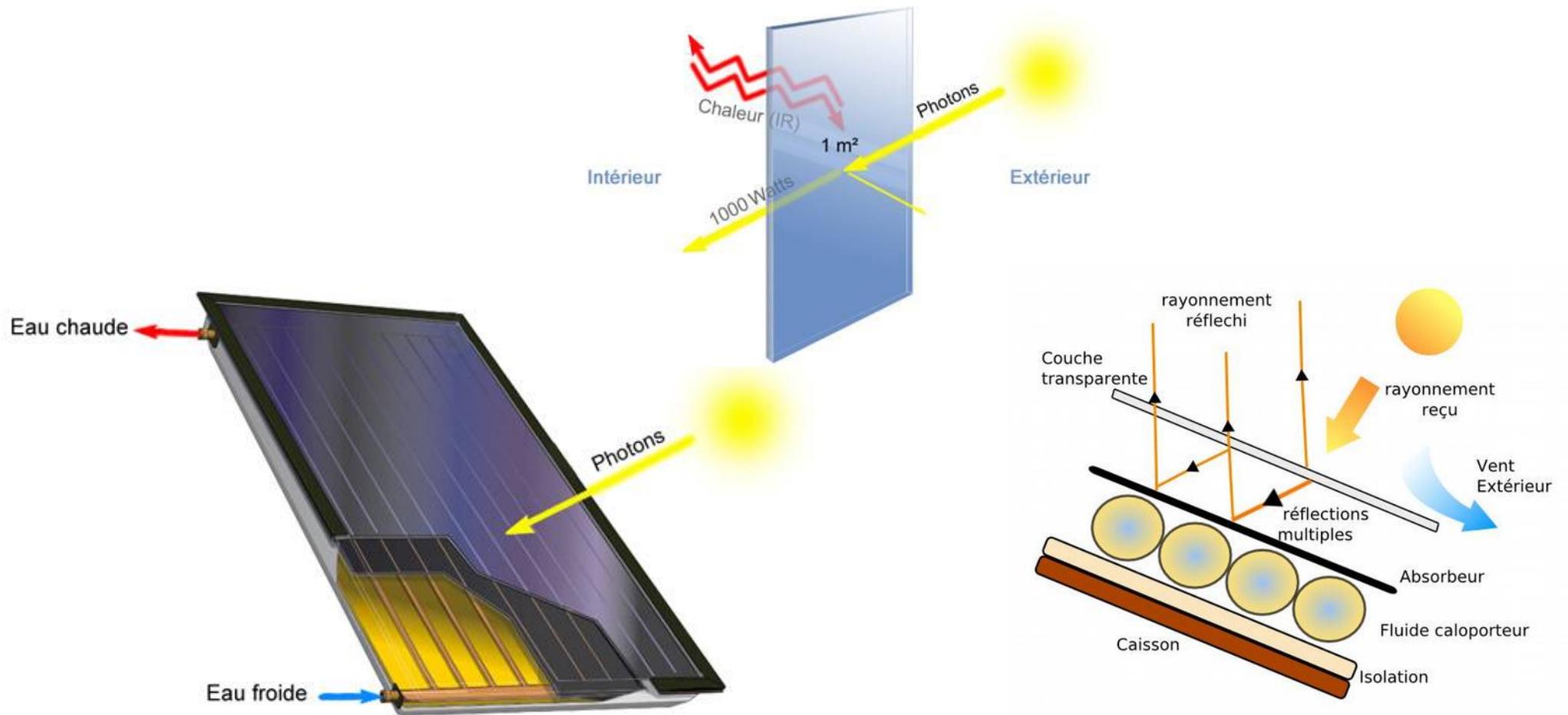


Partie 5 - Capter la chaleur

- ✓ Principe du capteur solaire thermique plan
- ✓ Influence de l'orientation des capteurs
- ✓ Influence de l'inclinaison des capteurs
- ✓ Influence de la température
- ✓ Pourquoi avoir choisi de ne pas intégrer les capteurs à la toiture ?
- ✓ Boucle de Tickelmann
- ✓ TP n°5 – Visite d'un chauffe-eau solaire en thermosiphon

Principe du capteur solaire thermique plan

- ✓ Notre conseil : sur-isoler la face arrière afin de diminuer les pertes thermiques

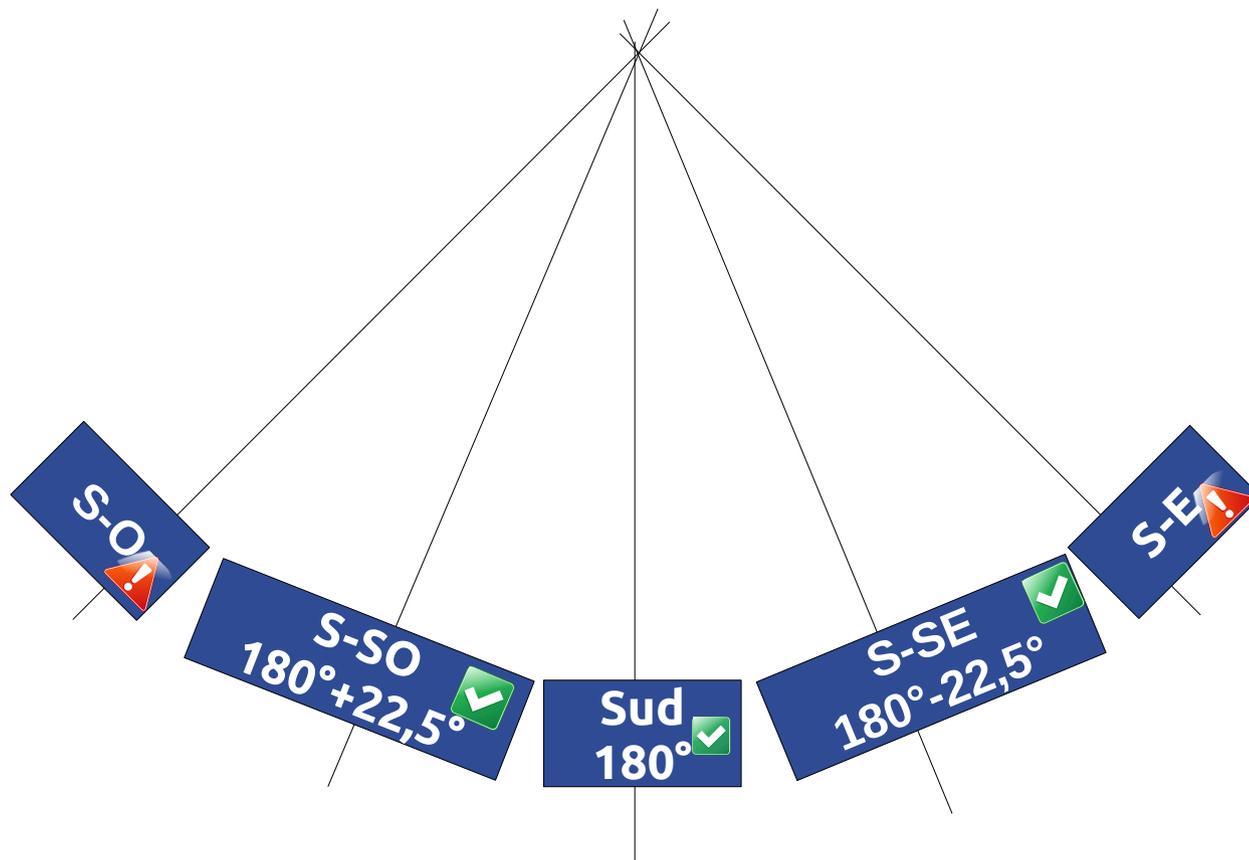


Source : http://www.arkitekto.com/P2_solaire.htm

Source : infoenergie69.org

Influence de l'orientation des capteurs

- ✓ Jusqu'à 30° d'écart avec le sud, la production varie **seulement** de 5 à 7 %
- ✓ A partir de 45° d'écart avec le sud, l'écart de production varie **de plus 14 %**

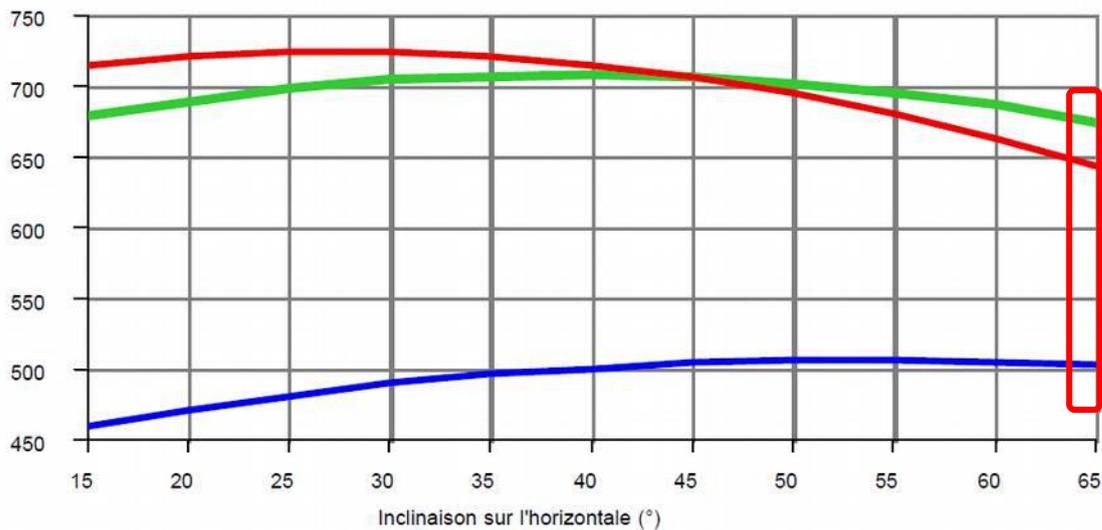


Des capteurs orientés au nord à BUEIL 27 !



Influence de l'inclinaison des capteurs

- ✓ Le choix de l'inclinaison dépend de la latitude et de la saisonnalité des besoins
- ✓ Si la consommation est plutôt hivernale, on augmentera l'inclinaison de 15° par rapport à la latitude. Si la consommation est nettement estivale, on diminuera l'inclinaison de 15° par rapport à la latitude
- ✓ Les besoins en eau chaude sont généralement supérieurs en hiver. Des capteurs solaires thermiques, orientés sud et inclinés à 60° à 65°, limitent les surchauffes d'été et favorisent la production hivernale



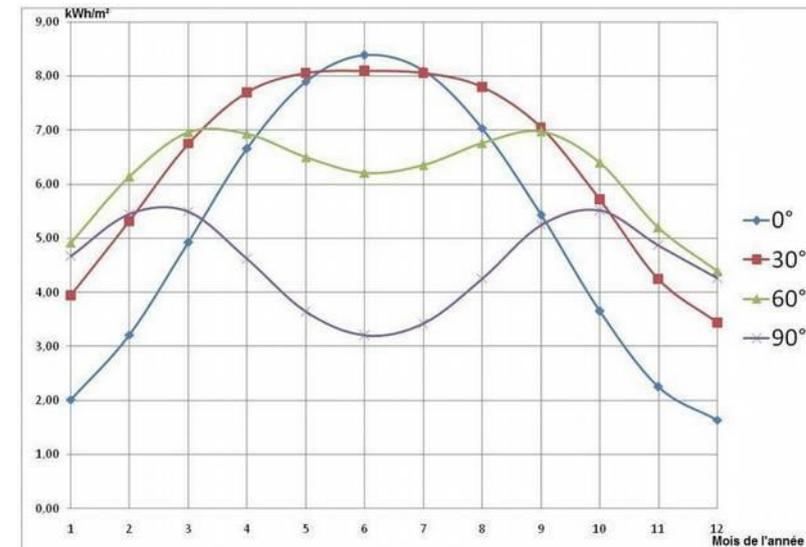
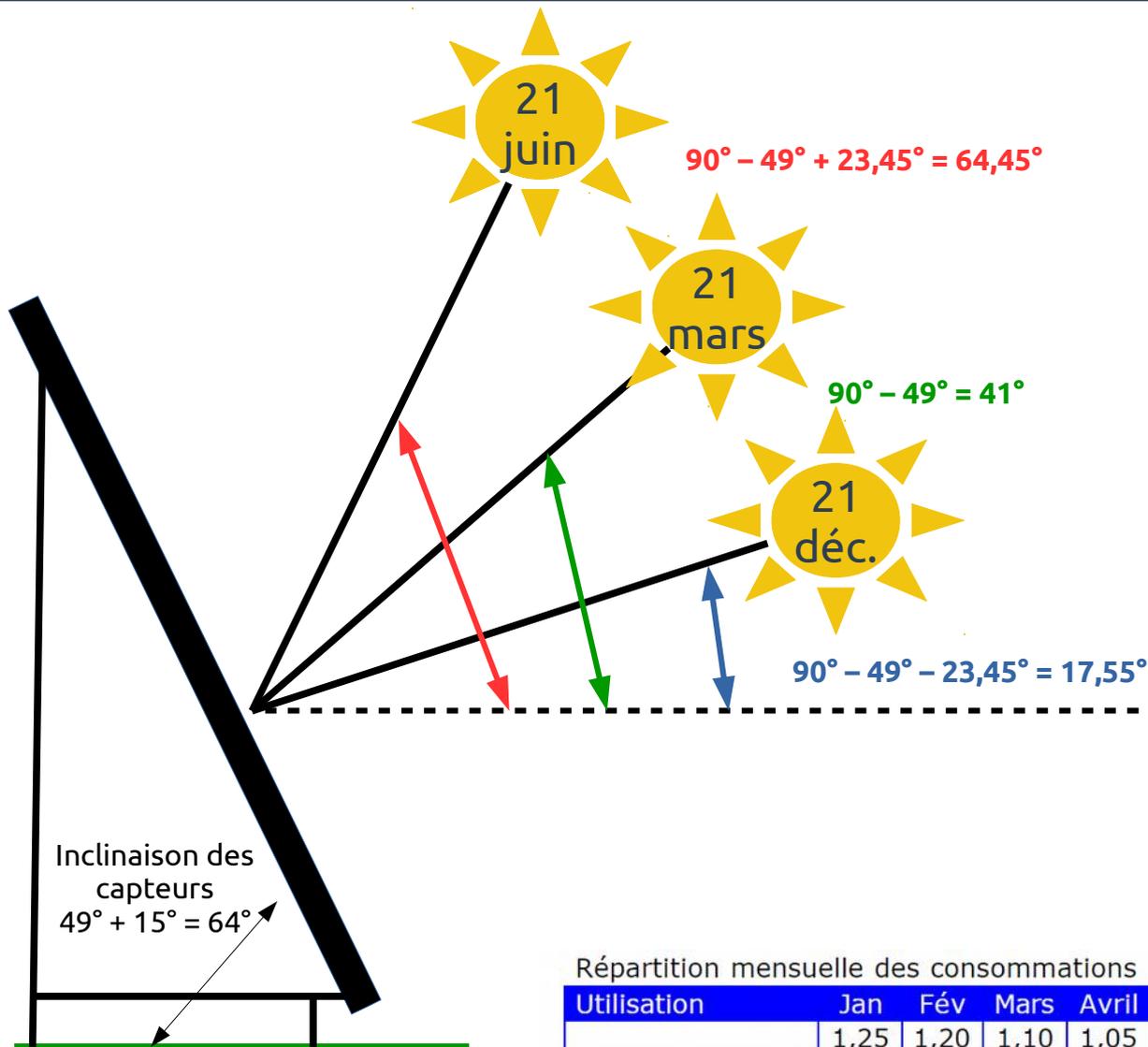
Source : ademe



Nos capteurs sont inclinés à 64° :

- ✓ latitude 49° + 15°
- ✓ moins de surchauffes
- ✓ plus de production l'hiver

Influence de l'inclinaison des capteurs



les capteurs sont inclinés à 64° :

- latitude $49^\circ + 15^\circ$
- moins de surchauffes
- plus de production l'hiver

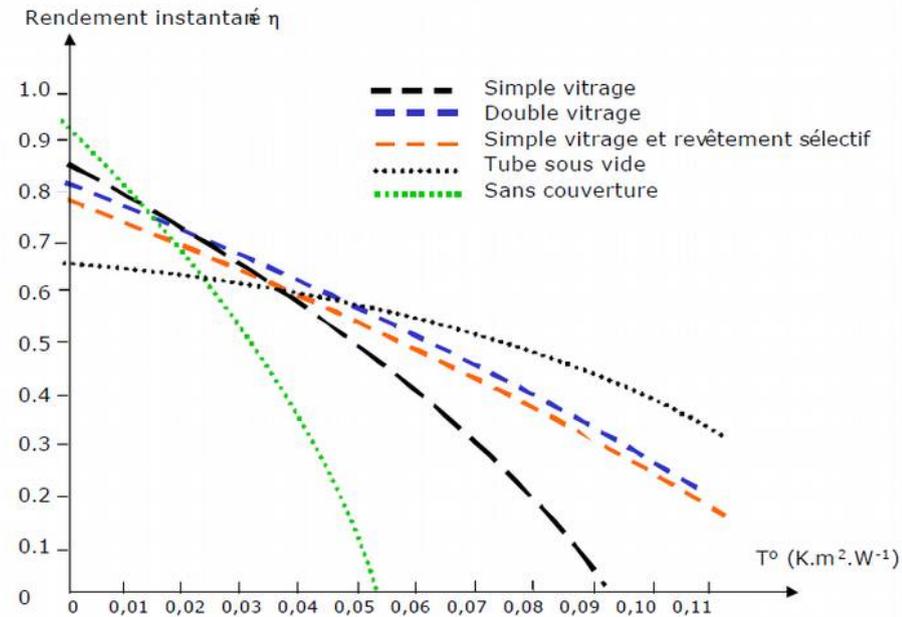
Répartition mensuelle des consommations

Utilisation	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
	1,25	1,20	1,10	1,05	1,00	0,80	0,50	0,60	0,90	1,05	1,15	1,40

(Source EDF : Eau chaude électrique Résidentiel et Tertiaire - Mars 1987)

Influence de la température

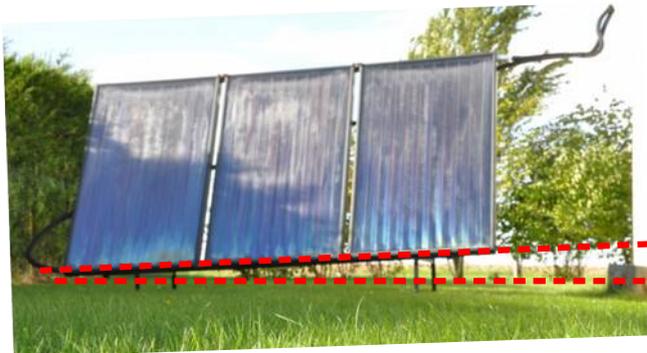
- ✓ Plus un capteur est chaud, moins il est efficace
- ✓ Le liquide caloporteur se dégrade à haute température
- ✓ Privilégier les basses températures
- ✓ Les capteurs à revêtement non sélectif sont une bonne alternative aux capteurs à revêtement sélectif :
 - le rendement à froid est très bon
 - le rendement à chaud est faible. Il chute précisément au moment où l'on souhaite se protéger des surchauffes
 - Le risque de surchauffe estivale est réduit
 - ils sont moins chers (-15%)
 - il est possible d'augmenter la surface
 - la température de stagnation est plus faible (135°). Le risque de dégradation du liquide caloporteur est donc plus faible



Source : Ademe

Pourquoi avoir choisi de ne pas intégrer les capteurs à la toiture ?

- ✓ Maintenance difficile
- ✓ Nettoyage difficile
- ✓ Risque de fuite
- ✓ Surcoût financier
- ✓ Occultation difficile en été
- ✓ Destruction d'une toiture en bon état
- ✓ Risque lié au travail en hauteur
- ✓ Héritage de l'orientation et de la pente du toit
- ✓ Moins adapté au thermosiphon

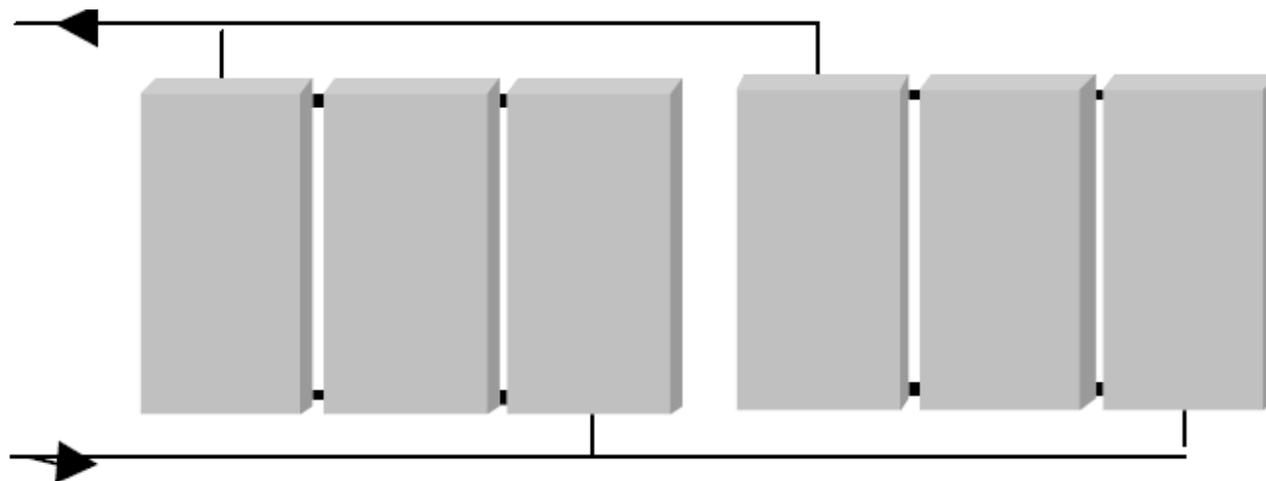
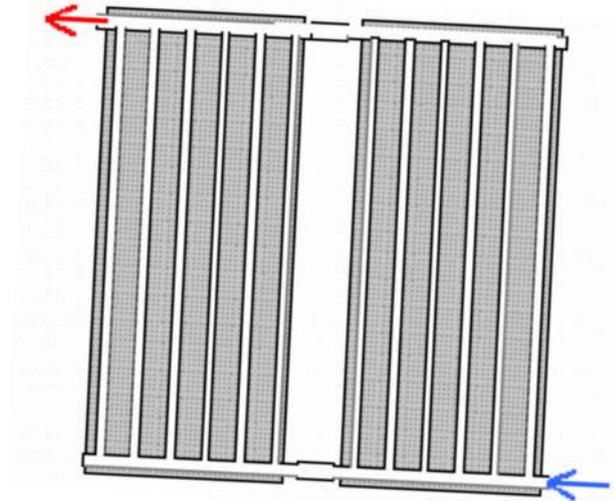


Pente de 5% dans le champ de capteurs pour amorcer le thermosiphon



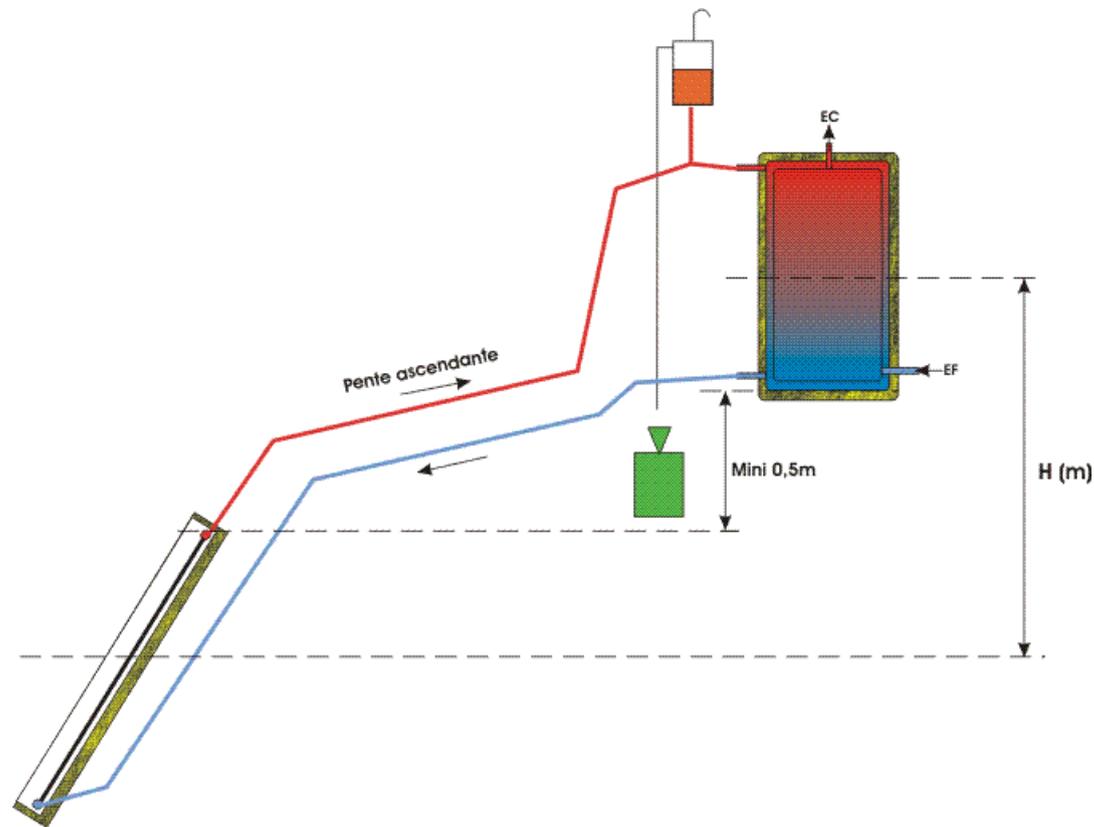
Boucle de Tickelmann

- ✓ Les capteurs utilisés sont montés en échelle
- ✓ Les pertes de charges sont faibles
- ✓ Nos 3 capteurs sont raccordés en parallèle
- ✓ Dans l'échelle, la distance empruntée par l'eau est toujours la même quelque soit le tube emprunté
- ✓ Au delà de 3 capteurs, les champs de capteurs doivent être raccordés en boucle de Tickelmann
- ✓ Veillez à ce que la tuyauterie **retour eau froide** soit plus longue que la tuyauterie **départ eau chaude**



Source : ademe

TP n°5 - Visite d'un chauffe-eau solaire en thermosiphon



Partie 6 - Transporter la chaleur

- ✓ Les tuyaux
- ✓ Les particularités du thermosiphon
- ✓ Les tuyaux en thermosiphon
- ✓ L'isolation des tuyaux
- ✓ Le groupe de sécurité sanitaire
- ✓ Vase d'expansion sur le circuit sanitaire
- ✓ TP n°6 - Je calcule le volume du vase d'expansion sanitaire
- ✓ Vase d'expansion sur le circuit primaire
- ✓ TP n°7 - Le liquide caloporteur
- ✓ Vidage, remplissage et purge du circuit primaire
- ✓ TP n°8 – Initiation à la plomberie

Les tuyaux

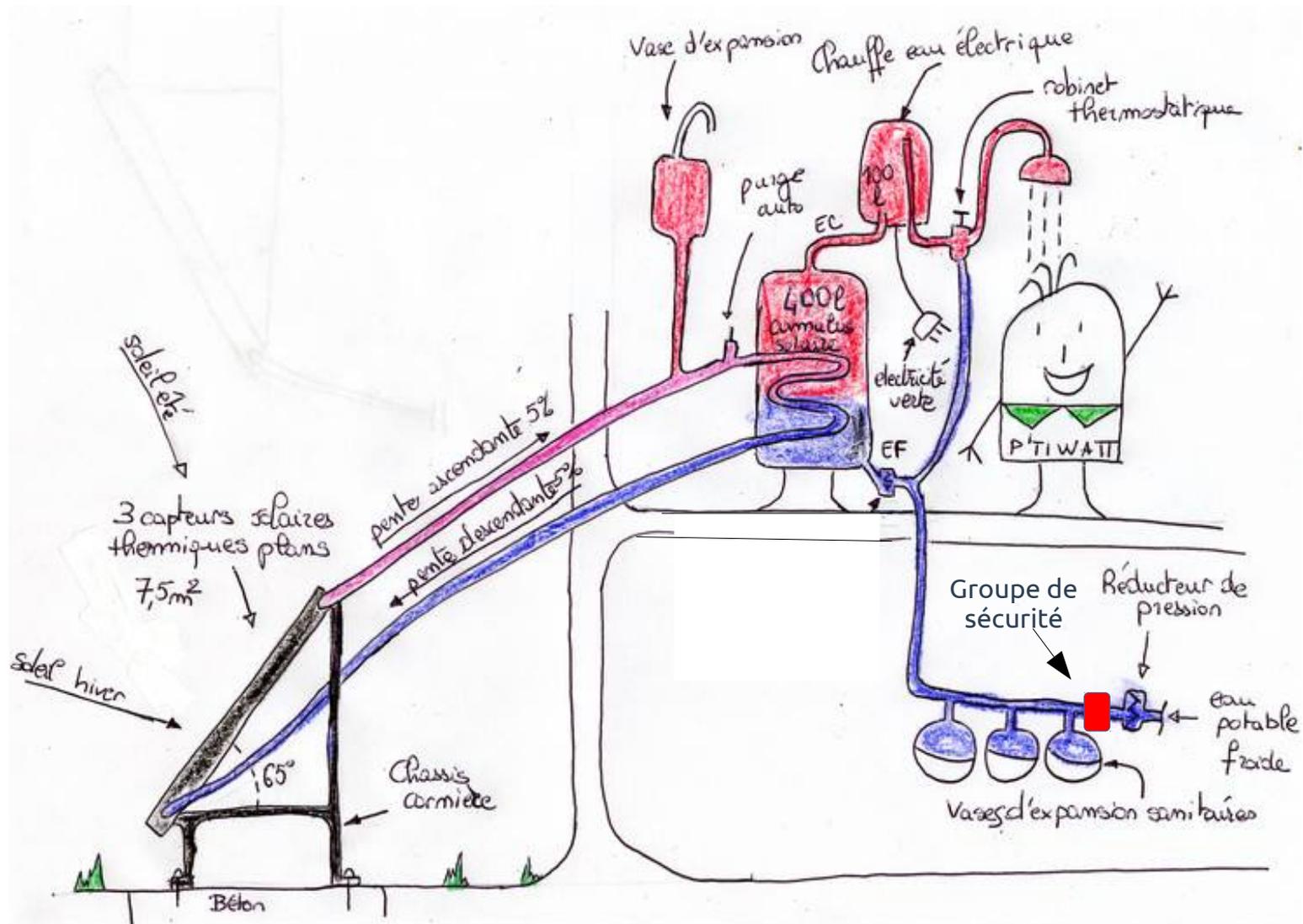
- ✓ Les tuyaux doivent résister à des températures allant de -20°C à $+150^{\circ}\text{C}$
- ✓ Les matériaux utilisés pour les tuyaux doivent être compatibles avec le liquide caloporteur. Les tuyaux galvanisés **ne sont pas compatibles**
- ✓ Le PER dispose d'un coefficient de dilatation important et ne résiste pas bien aux hautes températures. Par exemple 1 m de PER s'allonge de 2 cm à 100°C . En conséquence, il est préférable de ne pas utiliser ce matériau à proximité des capteurs
- ✓ Le cuivre s'allonge de 1,7 mm à 100°C , ce qui n'est pas négligeable. Lorsque les distances sont importantes, il convient de ne brider l'installation
- ✓ Pour les soudures, préférez la brasure forte à la soudure à l'étain
- ✓ Utilisez des joints de qualité solaire, résistant aux hautes température et au glycol



Source : solaire diffusion



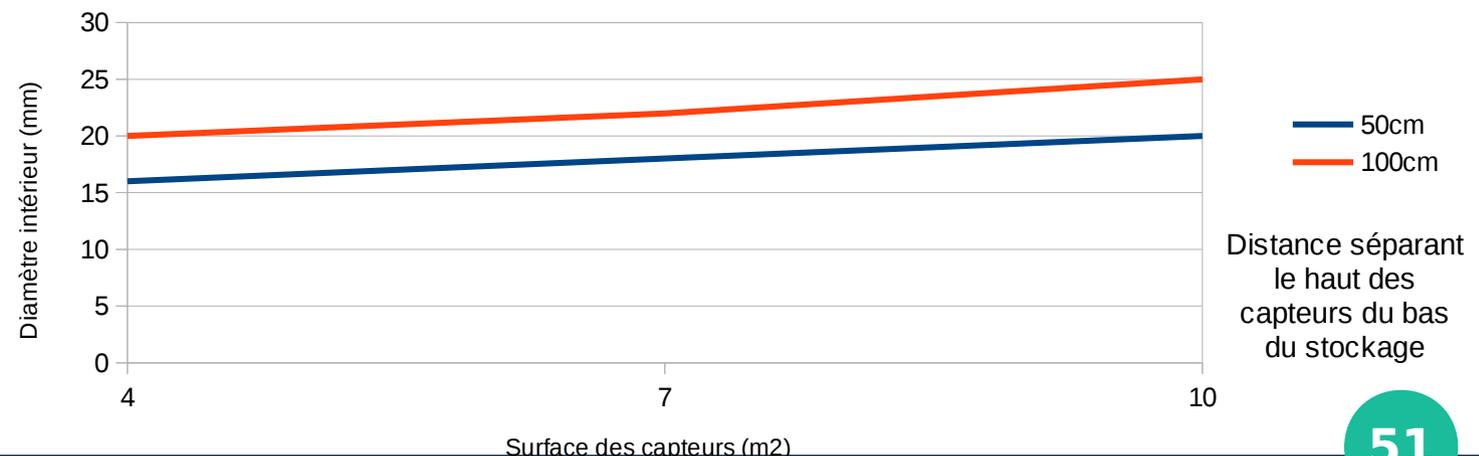
Les particularités du thermosiphon



Les tuyaux en thermosiphon

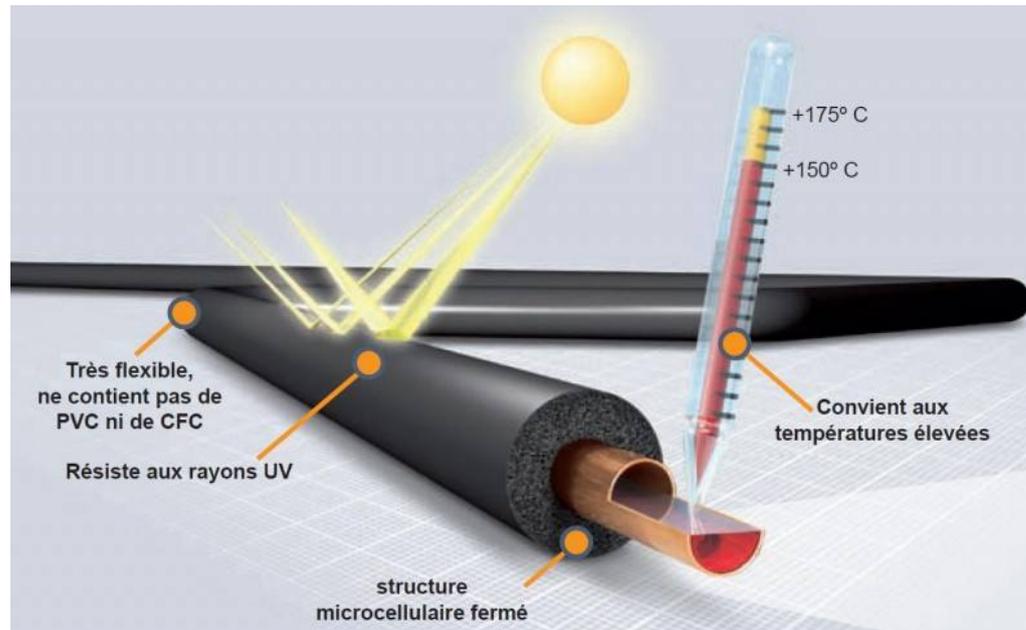
- ✓ L'inox annelé est intéressant pour sa souplesse et les passages difficiles, cependant, il fait être vigilant vis à vis des pertes de charges occasionnées, notamment en thermosiphon et la difficulté à chasser les bulles d'air
- ✓ Les pertes de charge d'un tuyeau inox annelé de 20 mm sont équivalentes à un tuyau en cuivre de 14 mm
- ✓ Réduire au maximum les coudes ou tout ce qui est susceptible de provoquer des pertes de charge
- ✓ La pente des tuyaux doit être supérieure à 5 % en tout point du circuit
- ✓ Placer le stockage bien au dessus des capteurs (0,5 m minimum, 1 m c'est mieux)
- ✓ Bien isoler les tuyaux

Quel diamètre pour mes tuyaux en thermosiphon ?



L'isolation des tuyaux

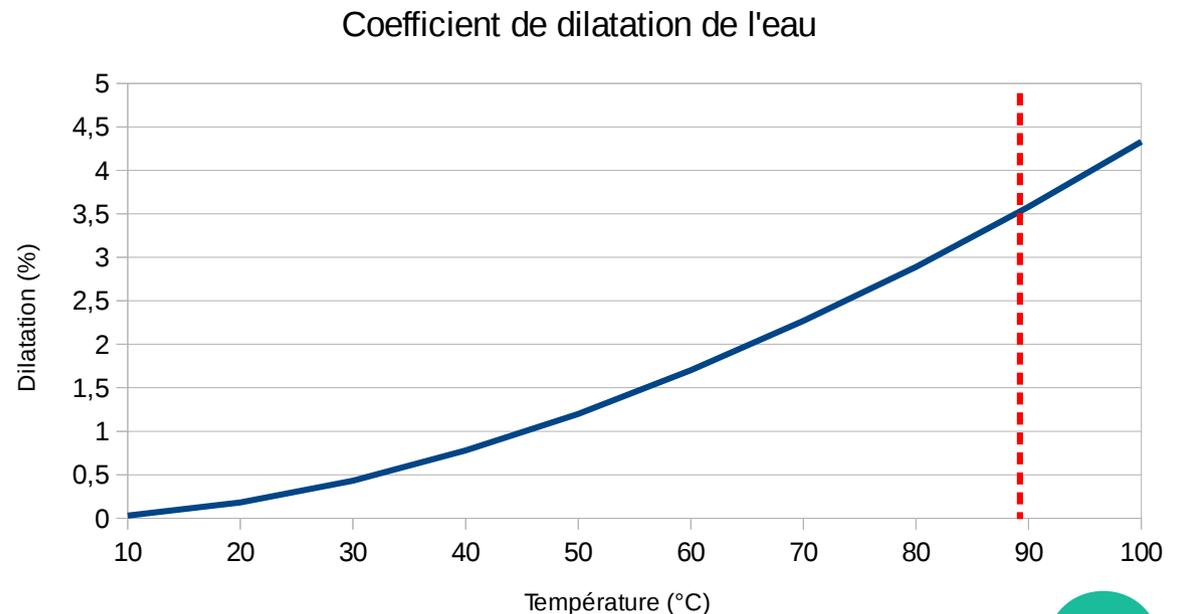
- ✓ Si le liquide caloporteur se refroidit, alors cela pourrait stopper la circulation naturelle recherchée en thermosiphon
- ✓ Les tuyaux doivent donc être isolés très correctement avec un matériau :
 - disposant de cellules fermées (afin que l'eau ne puisse pénétrer dans l'isolant)
 - résistants aux hautes températures (+150°C) aux UV et aux oiseaux.



Source : solaire diffusion

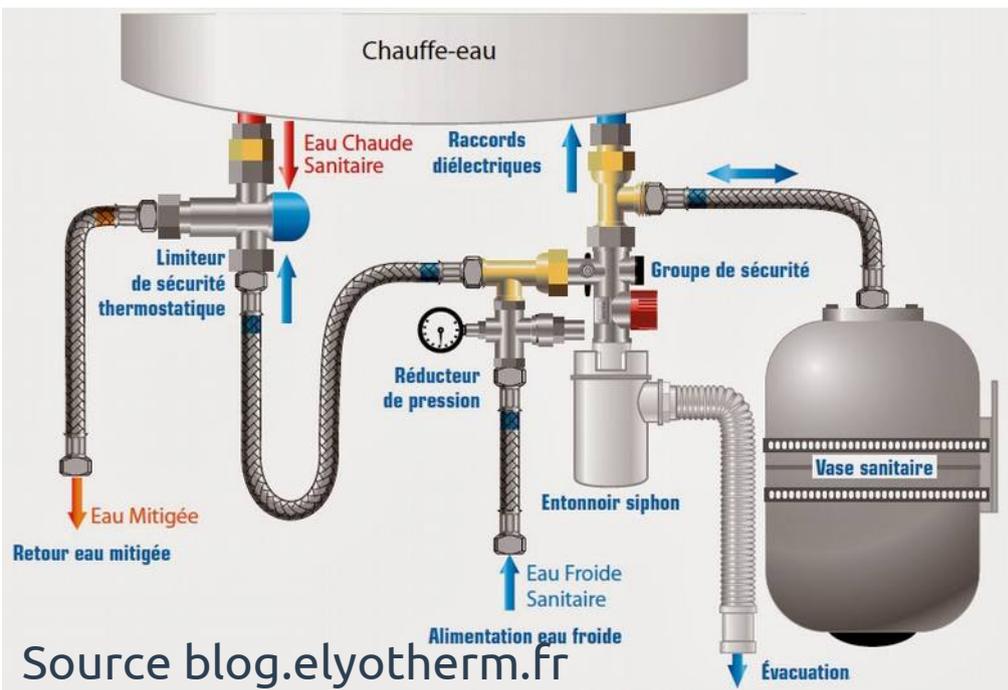
Le groupe de sécurité sanitaire

- ✓ Le groupe de sécurité sanitaire protège l'installation. Il comporte une arrivée eau froide, un robinet d'isolement, une soupape de sécurité (6 bars), un clapet anti-retour, un robinet et un orifice de vidange
- ✓ Dans notre cas, 500 litres d'eau portés à 90°C devient 517,9 litres. Si le circuit est fermé, le cumulus solaire explose
- ✓ Lorsque le volume augmente, la pression augmente. La soupape de sécurité s'ouvre à partir de 6 bars afin de laisser s'échapper la variation du volume



Vases d'expansion sur le circuit sanitaire

- ✓ Avec le temps, le groupe de sécurité s'entarte et se met à fuir régulièrement. Il est possible d'installer un ou plusieurs vases d'expansion sanitaires afin d'absorber la variation du volume cette variation et éviter de jeter plusieurs litres d'eau potable. Nous avons donc installé plusieurs vases d'expansion
- ✓ En amont du circuit sanitaire, nous avons installé un réducteur de pression. Notre circuit sanitaire est protégé par une soupape de sécurité tarée à seulement 3 bars. Compte tenu de la présence des vases d'expansion sanitaire, la pression ne varie pas et aucun litre d'eau n'est rejeté à l'égout



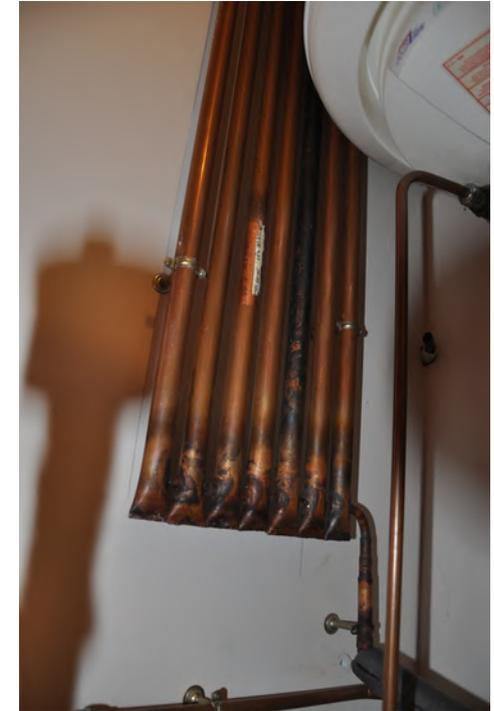
TP n°6 - Je calcule le volume du vase d'expansion sanitaire

Je calcule le volume du vase d'expansion sanitaire

V_{solaire}	= 400 litres	
$V_{\text{électrique}}$	= 100 l	
dT	= 90 °C	
$C_{\text{dilatation}}$	= _____ %	
$V_{\text{dilatation}}$	= $(V_s + V_é) \times C_d$	= _____ litres
$V_{\text{vase expansion}}$	= $V_d \times 2$	= _____ litres

Vase d'expansion sur le circuit primaire

- ✓ Le coefficient de dilation de l'eau à 150°C est : 9,05 %
- ✓ Dans notre cas, le circuit primaire est composé de 35 litres de liquide caloporteur
- ✓ 35 litres portés à 150°C deviennent $35 \text{ l} \times 9,05\% = 3,2$ litres
- ✓ Si le circuit est fermé, le cumulus solaire explose
- ✓ Nous avons construit un vase d'expansion à l'air libre d'une contenance de 3,5 litres
- ✓ En cas d'incident (ex : stagnation et mise en évaporation), le trop plein du vase d'expansion est envoyé et collecté dans un bidon



TP n°7 - Le liquide caloporteur

✓ Les qualités recherchées sont :

- la stabilité à haute température (stagnation),
- La protection anticorrosion,
- être utilisable avec matériaux courants,
- la chaleur spécifique et une conductivité élevée,
- la non-toxicité, faible impact sur environnement,
- la basse viscosité (consommation des pompes),
- un prix réduit et la disponibilité.



✓ L'addition d'un liquide antigel diminue la capacité calorifique de l'eau

✓ La dégradation du liquide commence à partir de 130°C. Il perd ses propriétés antigel et sa viscosité augmente. Le liquide est dégradé à 170°C. Saturation des capteurs :

- plans peints : 135 °C
- plans à revêtement sélectif : 180°C
- sous vide : 230°C

Relevez les capteurs afin de réduire le risque de surchauffe estivale
Préférez les capteurs plans aux capteurs sous vide
Couvrir une partie des capteurs l'été
Utiliser un liquide caloporteur de qualité alimentaire
Contrôler le liquide une fois par an avec un réfractomètre

Vidage, remplissage et purge du circuit primaire

- ✓ Le remplissage du circuit primaire est effectué à l'aide d'un pulvérisateur de jardin, ce **au point le plus bas** afin de chasser les bulles vers le point le plus haut.
- ✓ Le remplissage par le haut risque d'enfermer des bulles d'air dans les capteurs, de bloquer la circulation du liquide et de provoquer la mise en évaporation du liquide
- ✓ Un purgeur automatique, monté sur une vanne quart de tour, est placé au point le plus haut, ce juste avant l'échangeur du cumulus solaire
- ✓ Au moment du remplissage du circuit primaire, nous substituons au purgeur automatique un tuyau transparent afin de contrôler le niveau
- ✓ Préférez une vanne quart de tour de qualité « solaire » résistante aux hautes températures
- ✓ Profitez d'un temps couvert, couvrir les capteurs solaires ou attendez la tombée de la nuit pour remplir le circuit primaire
- ✓ Avant de remplir votre circuit primaire avec le liquide caloporteur, **commencer par le remplir avec de l'air et/ou de l'eau claire** afin de détecter les éventuelles fuites



TP n°8 - Initiation à la plomberie



Partie 7 - Stocker la chaleur

- ✓ Le ballon de stockage
- ✓ Appoint en ECS avec une chaudière
- ✓ Préférez un cumulu solaire avec double échangeur pour l'appoint
- ✓ Appoint électrique séparé
- ✓ Prévention des brûlures
- ✓ S'équiper contre le calcaire
- ✓ Prévenir la légionellose
- ✓ TP n°8 – j'installe un chauffe-eau solaire en thermosiphon

Le ballon de stockage

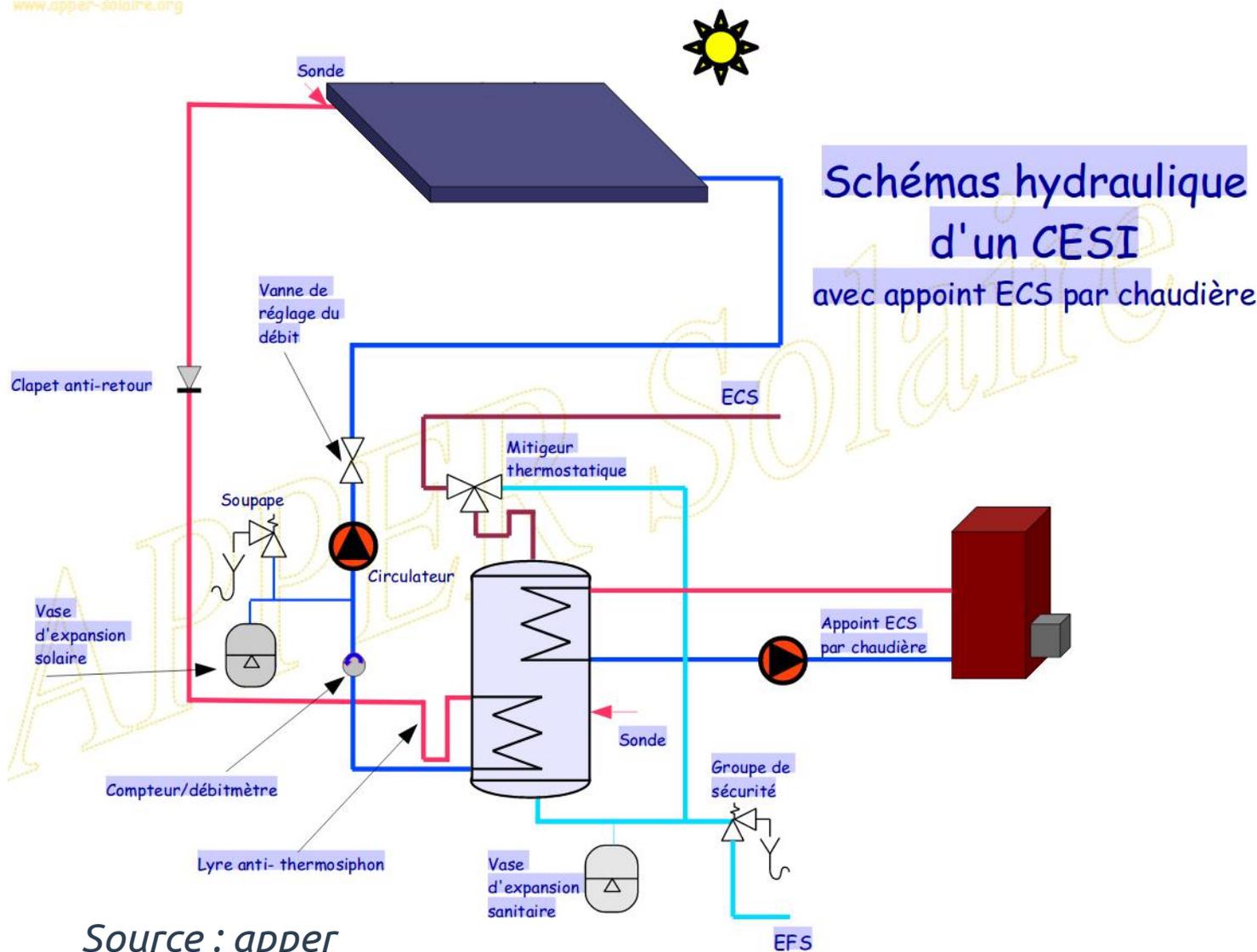
- ✓ Pour le dimensionner, il est recommandé d'estimer le volume d'eau quotidien et doubler cette valeur afin de parer à une journée sans soleil
- ✓ Notre besoin journalier étant estimé à 4 x 50 litres d'eau chaude, nous avons choisi de doubler la capacité du cumulus solaire soit 400 litres
- ✓ Le volume du ballon de stockage doit être compris entre 50 et 100 litres par m² de capteur
- ✓ Il doit être plus volumineux qu'un ballon de stockage traditionnel afin de compenser l'absence de soleil
- ✓ Un volume plus important augmente la stratification et permet de travailler plus à froid et donc augmente le rendement
- ✓ La surface de l'échangeur du ballon doit représenter 20 à 30 % de la surface des capteurs
- ✓ Viser 70 l à 80 l par m² de capteur
- ✓ Il est recommandé de sur-isoler le cumulus afin de limiter les déperditions (économise 50 à 100 € par an, 1000 à 2000 € sur 20 ans, ou encore 1,2 t à 2,4 t de CO² si l'eau est chauffée avec le réseau électrique national)



Appoint en ECS avec une chaudière

- ✓ 8 mois sur 12, nous sommes quasi autonomes en eau chaude solaire
- ✓ De décembre à fin février, la production d'eau chaude est aléatoire voire quasi nulle
- ✓ L'énergie d'appoint est nécessaire
- ✓ Si c'est votre projet, il est préférable d'acquérir un cumulus solaire avec deux échangeurs

www.apper-solaire.org



Préférez un cumulus solaire avec double échangeur pour l'appoint

- ✓ L'appoint était assuré jusqu'à présent par un chauffe-eau de 100 litres relié au réseau électrique
- ✓ Si l'on se fie à la simulation, il est en charge de la production de 39% des besoins en eau chaude, soit 1669 kWh
- ✓ En janvier 2017, nous avons participé à un stage de construction d'un poêle rocket POËLITO avec pour objectif de produire notre eau chaude durant ces 4 mois difficiles
- ✓ L'unique serpentin du cumulus solaire a été partagé entre la production d'eau chaude solaire ou le bois
- ✓ La production solaire **ne peut pas fonctionner** en même temps que le rocket, c'est **l'un ou l'autre, mais pas les deux**. De ce fait, il faut faire un feu le soir ou lorsque l'on est sûr qu'il n'y aura pas de production d'eau chaude solaire durant les heures qui suivent le feu de bois
- ✓ **Préférez un double échangeur !**



Appoint électrique séparé

- ✓ Un appoint en chaude solaire est nécessaire au cours de l'hiver. Nous devons faire face à des périodes défavorables. L'énergie solaire ne peut assurer la totalité de la production d'eau chaude
- ✓ Il est **préférable de dissocier l'appoint** du préparateur d'eau chaude solaire. L'appoint complète le chauffage de l'eau sanitaire quand c'est nécessaire. Placer l'appoint immédiatement après le cumulus solaire
- ✓ L'eau froide entre dans le ballon solaire, puis passe dans le ballon d'appoint. Ainsi, l'installation solaire remplit totalement sa fonction de préchauffage de l'eau. L'énergie d'appoint ne participe qu'au complément sans pénaliser la production solaire
- ✓ Le fait de dissocier l'appoint du ballon de stockage est motivé par deux arguments :
 - il peut être tentant, pour des raisons de place, d'installer une résistance électrique dans le ballon de stockage solaire. Il est important **de ne pas mélanger l'énergie d'appoint avec l'énergie solaire**. Cela a pour effet de perturber la stratification au sein du ballon solaire et de nuire au rendement de l'installation
 - par ailleurs, en imaginant que le temps ait été couvert durant plusieurs jours, alors le cumulus solaire sera bien froid, le jour où le soleil revient, le rendement de l'installation sera maximal parce que les écarts de température seront plus élevés
- ✓ Notre appoint est assuré par un chauffe-eau électrique situé immédiatement en série après le cumulus solaire et d'une capacité de 100 litres. Ce volume pourrait être porté à 150 voire 200 litres. Cela aurait pour effet d'**augmenter la capacité de stockage**.
- ✓ Le fait de chauffer l'eau à l'aide d'un cumulus électrique réduit le risque de prolifération des salmonelles dans un cumulus solaire faiblement chauffé l'hiver.



Prévention des brûlures

- ✓ Les brûlures par eau chaude sanitaire sont des accidents fréquents.
- ✓ Afin de limiter ce risque, nous avons installé un mélangeur thermostatique immédiatement en sortie du cumulus électrique.
- ✓ Au point le plus bas, le point d'injection est bouché jusqu'à la prochaine intervention. C'est **indispensable**, cela évitera à un enfant de se brûler avec du liquide solaire à plus de 100°C. L'appoint était assuré jusqu'à présent par un chauffe-eau de 100 litres relié au réseau électrique



S'équiper contre le calcaire

- ✓ Le calcaire est la principale cause de mise au rebut des ballons de stockage
- ✓ En amont du ballon de stockage, nous avons installé un détartreur magnétique auto-construit, un filtre à particule et une cartouche polyphosphate



Prévenir la légionellose

- ✓ **La légionellose est provoquée par l'inhalation d'aérosols d'eau** contaminée par des légionelles. La température de l'eau est un facteur important de prévention de développement des légionelles dans les réseaux de distribution puisque la bactérie Legionella a une croissance importante dans des eaux présentant une température comprise entre 25 et 43 °C
- ✓ Dans les systèmes de distribution d'eau chaude sanitaire sur lesquels sont susceptibles d'être raccordés des points de puisage à risque, les exigences suivantes doivent être respectées pendant l'utilisation des systèmes de production et de distribution d'eau chaude sanitaire et dans les 24 heures précédant leur utilisation :
 - lorsque le volume entre le point de mise en distribution et le point de puisage le plus éloigné est supérieur à 3 litres, la température de l'eau doit être supérieure ou égale à 50 °C en tout point du système de distribution, à l'exception des tubes finaux d'alimentation. Le volume de ces tubes finaux d'alimentation est le plus faible possible et dans tous les cas inférieur ou égal à 3 litres ;
 - lorsque le volume total des équipements de stockage est supérieur ou égal à 400 litres, l'eau contenue dans les équipements de stockage, à l'exclusion des ballons de préchauffage, doit être en permanence à **une température supérieure ou égale à 55 °C** à la sortie des équipements ou être portée à une température suffisante au moins une fois par 24 heures.

TP n°8 - j'installe un chauffe-eau solaire en thermosiphon

