

Le solaire à la portée de tous

Support de cours

Association P'TIWATT
Section APPER Porte de Normandie



APPER Solaire
Le solaire à portée de tous

Association pour la Promotion des Energies Renouvelables



Diffusion de savoir-faire

L'association P'TIWATT a pour objectif de sensibiliser et de faciliter l'accès aux énergies renouvelables.

Elle organise des stages et diffuse des savoir-faire visant à faciliter la production d'énergie renouvelable au plus proche du lieu de consommation afin d'éviter les déperditions énergétiques, de réduire notre facture énergétique, de générer d'importantes économies, de réduire notre empreinte carbone et de renoncer à l'utilisation d'énergies d'origine nucléaire ou fossile.

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. Elle est bien adaptée au chauffage de l'eau sanitaire.

Ce document a pour objectif de partager notre expérience afin de vous aider à construire la vôtre. Chaque installation est différente, le but de ce document apporte un éclairage afin de faciliter votre accès à l'énergie solaire.



L'histoire de P'TIWATT a débuté par un stage d'autoconstruction d'éolienne organisé par l'association TRIPALIUM.

A l'issue du stage, nous en avons compris le fonctionnement, avons été capable de la construire, de l'entretenir et de la réparer. Cette pratique confère à la machine fiabilité et longévité. Quant à son propriétaire, il gagne en autonomie et résilience. Nous avons été invités à nous perfectionner, à participer à l'animation d'autres stages et devenir progressivement formateur.

Une, deux, trois puis quatre éoliennes, nous avons créé l'association P'TIWATT qui a pour objectif de sensibiliser, diffuser des savoir-faire, faciliter l'accès aux énergies renouvelables en relayant localement des projets LOW-TECH en partenariat avec d'autres associations.

Nous nous intéressons également à d'autres solutions alternatives et respectueuses de l'environnement comme le chauffe-eau solaire thermique. En décembre 2015, l'association P'TIWATT est devenue la section "APPER Porte de Normandie". C'est à dire que nous relayons localement l'action de l'association APPER en assurant la promotion des énergies renouvelables et particulièrement du solaire thermique.



Stage solaire avec l'association Le GABION

Pourquoi participer à un stage solaire ?

Diminuer ma dépendance
aux énergies fossiles, nucléaires,
non renouvelables

Utiliser des énergies
renouvelables locales

Augmenter ma résilience
et mon autonomie

Concevoir, installer,
entretenir et réparer
mes systèmes

Capter, transformer
et distribuer l'énergie
au plus proche du
lieu de consommation

Réaliser des
économies d'énergies,
maîtriser mes charges

Je prépare un projet

Hériter d'un savoir-faire,
ne pas reproduire des erreurs

Acquérir de nouvelles compétences



Un cours théorique

- Le gisement solaire en Normandie
- La consommation d'un foyer type
- Reprenez le contrôle
- L'argus de l'énergie
- Les apports solaires passifs
- Dois je installer des capteurs photovoltaïques ou thermiques ?
- Dimensionner votre chauffe-eau solaire
- Ne jamais surdimensionner une installation solaire thermique
- Comprendre les notions d'énergie et de puissance
- Estimer la rentabilité économique et environnementale de votre projet
- Estimer vos besoins en eau chaude solaire
- Simuler avec CALSOL
- Attention aux surchauffes
- Données climatiques à Villégats
- Schéma de principe de la production d'eau chaude solaire
- Trajectoire et masques solaires
- Principe du thermosiphon
- Les capteurs thermiques plans
- L'inclinaison des capteurs
- Les tuyaux
- Vase d'expansion
- Cumulus solaire
- L'appoint en chaude (électrique et avec un rocket stove)
- Prévention des brûlures
- S'équiper contre le calcaire
- La légionellose

Des visites et activités pratiques

- Monter un chauffe-eau solaire en circulation forcée
- Diagramme et masques solaires
- Simuler un projet avec CALSOL
- Initiation à la plomberie
- Contrôle du liquide caloporteur
- Vidage et remplissage d'un circuit solaire
- Monter un chauffe-eau solaire en thermosiphon
- Découverte d'un chauffe eau-solaire en thermosiphon
- Appoint en eau chaude bois avec un rocket stove
- Découverte d'un champ de 2 capteurs photovoltaïque en autoconsommation
- Montage et raccordement d'un capteur solaire photovoltaïque en autoconsommation
- Programmation horaire du chauffe-eau électrique
- Découverte d'un routeur PV avec Arduino
- Visite du site Internet APPER

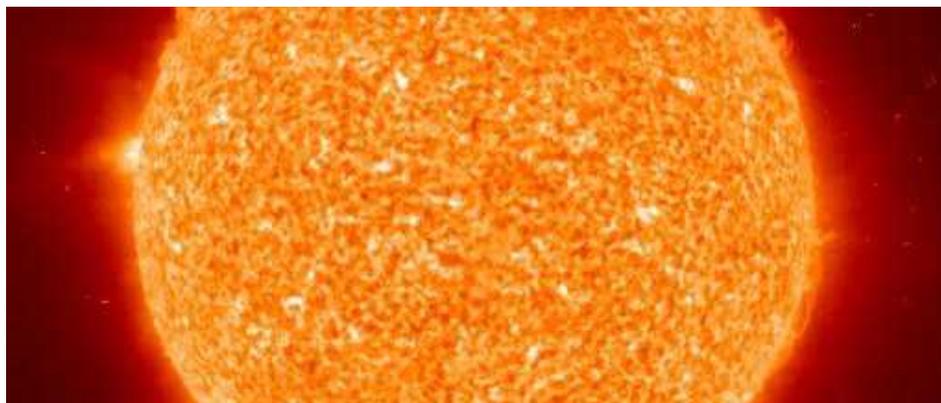
Le gisement solaire

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.

L'énergie solaire est disponible partout. La production d'eau chaude solaire est possible sous tous les climats européens. Il est, de ce fait très avantageux d'utiliser cette **énergie gratuite et non polluante** pour produire de l'eau chaude sanitaire, chauffer des piscines et participer au chauffage des bâtiments.

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 d'environ 1600 h à 1550 kWh/m²/an pour Nice où l'ensoleillement annuel moyen est de 2800 h).

L'Énergie solaire reçue sur terre chaque année représente approximativement 8000 à 10000 fois la consommation énergétique de l'homme

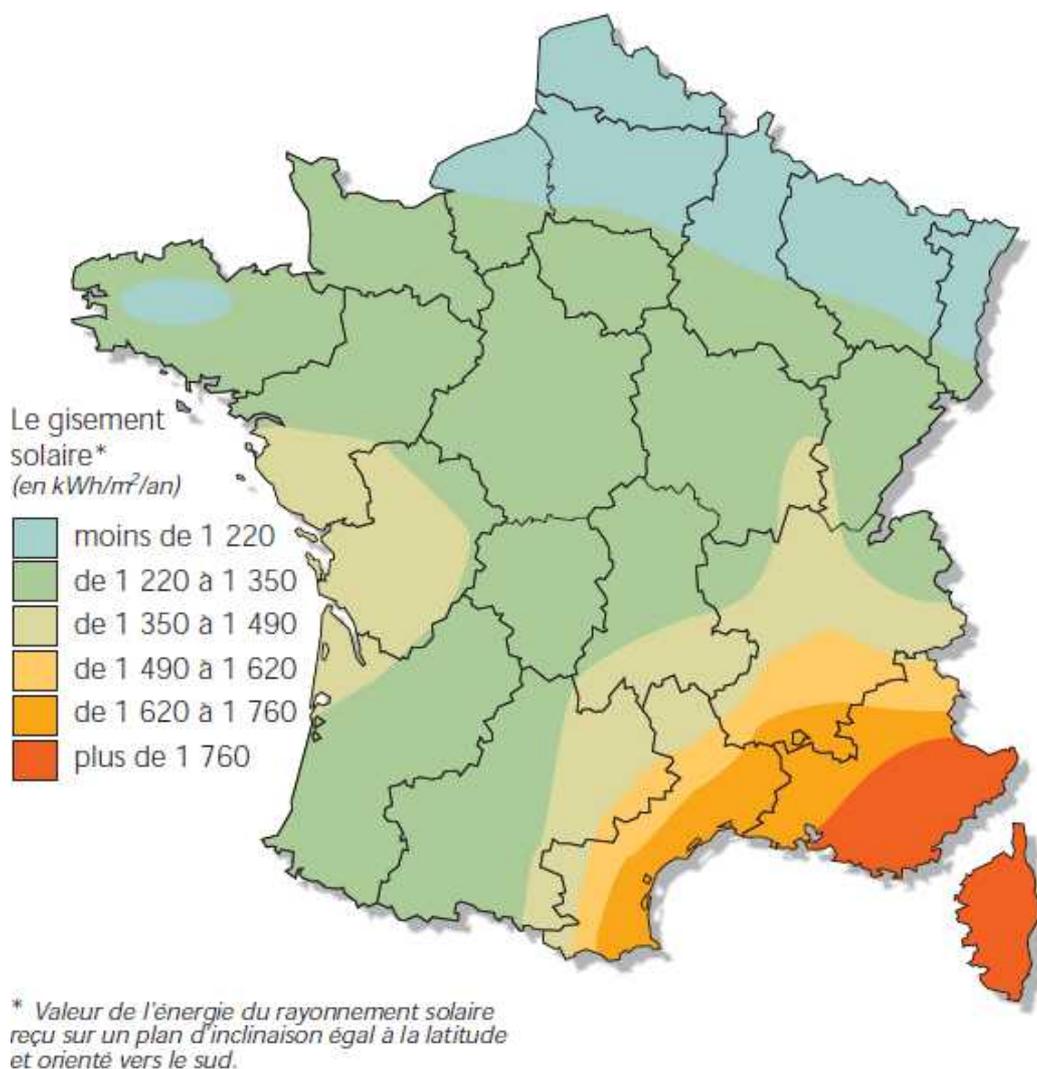


| | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Énergie solaire reçue | 8000 à 10000 fois la consommation |
| Puissance nominale solaire | 1000 W/m ² |
| Toulouse | 1450 kWh/m ² /an |
| Lille | 1050 kWh/m ² /an |
| Villégats | 1220 kWh/m ² /an |

Le gisement solaire en Normandie

Bien sûr, une installation solaire thermique sera moins productive en région Normandie qu'en région PACA. Néanmoins, le gisement moyen en Normandie est d'environ 1220 kWh/m²/an.

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.



Source : ADEME

Installer un chauffe-eau solaire en Normandie est-ce bien rentable ?

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

Consommation d'un foyer type (4 personnes)

| | |
|--|----------|
| Consommation d'un foyer type (4 personnes) | 13500kWh |
| Énergie électrique | 4500 kWh |
| Énergie thermique | 9000 kWh |
| Chauffage (100m2) | 6000 kWh |
| Eau chaude | 3000 kWh |

La facture électrique, un bon indicateur

Votre consommation à fin Mars 2018

Votre consommation correspond à l'estimation du mois et aux corrections des mois précédents :

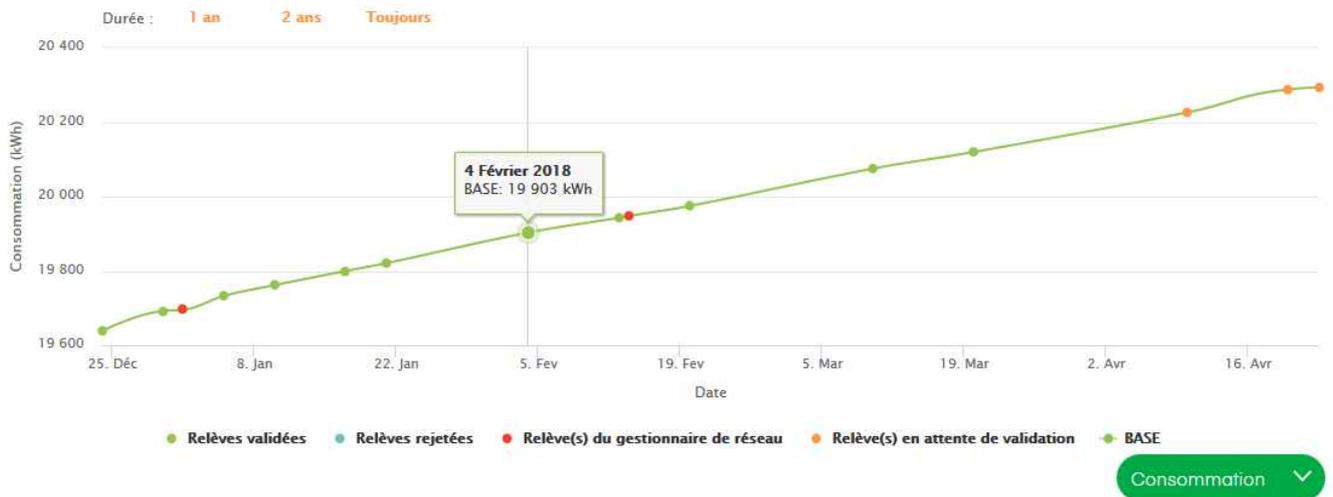
| | |
|------------------------------------|----------------|
| Estimation du mois ** | 132 kWh |
| Correction des mois précédents *** | - 11 kWh |
| Consommation facturée | 121 kWh |

Quelles solutions pour consommer moins de 1500 kWh à l'année ?

- Architecture solaire passive
- Inertie et isolation
- Chauffage bois avec un poêle de masse
- Eau chaude solaire thermique
- Lave-linge et lave-vaisselle alimentés par le chauffe-eau solaire
- Fil à linge
- Appoint en eau chaude avec rocket stove bois
- Électricité photovoltaïque en autoconsommation
- Éolienne en autoconsommation
- Potager
- Vélo
- Récupération des eaux de pluie
- Cuisson avec four à bois et un rocket stove
- Éclairage LED
- Programmation horaire du chauffe-eau électrique
- Router PV

Reprenez le contrôle

Mon évolution des relèves



Source : planete-oui.fr

Notre conseil

- Tout ce qui se mesure s'améliore
- Visitez régulièrement votre compteur électrique
- Mesurez, enregistrez vos relevés dans un carnet
- Analyser votre facture électrique
- Devenez radins

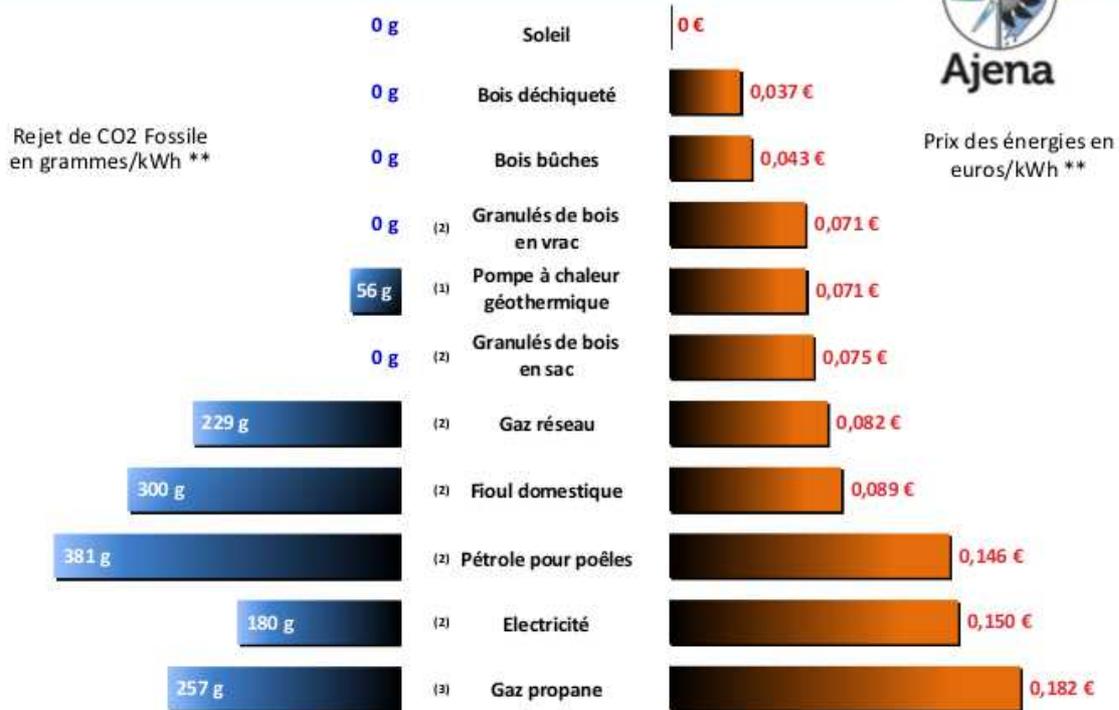


L'argus de l'énergie

Le tableau qui suit permet de comparer différentes sources énergétiques pour leur coût et leur incidence en matière de rejet de CO2.

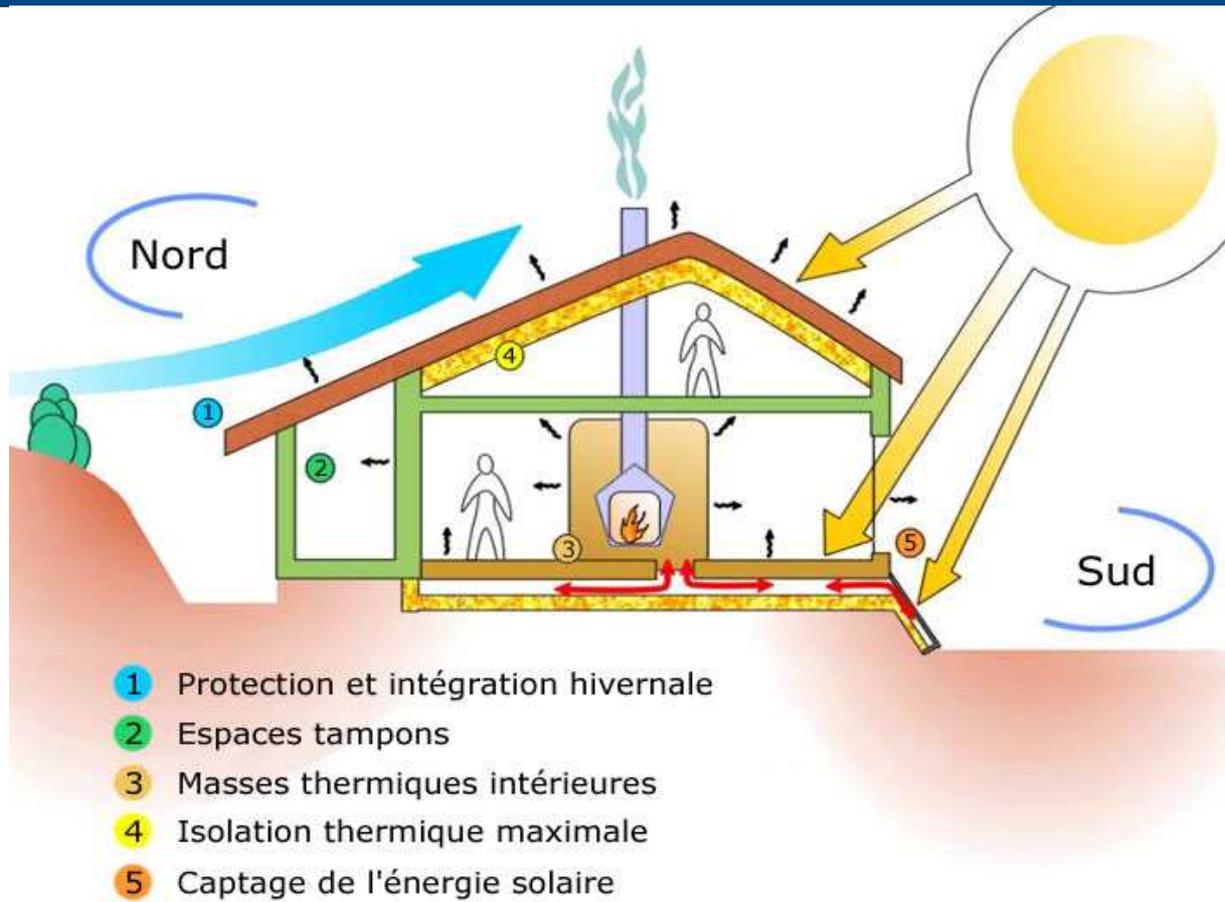
Avec ce tableau, on comprend que choisir un système solaire, c'est une occasion d'agir efficacement sur la réduction de l'effet de serre, de s'affranchir de la hausse des coûts des énergies traditionnelles et de réaliser de belles économies.

ARGUS DE L'ÉNERGIE - Janvier 2017

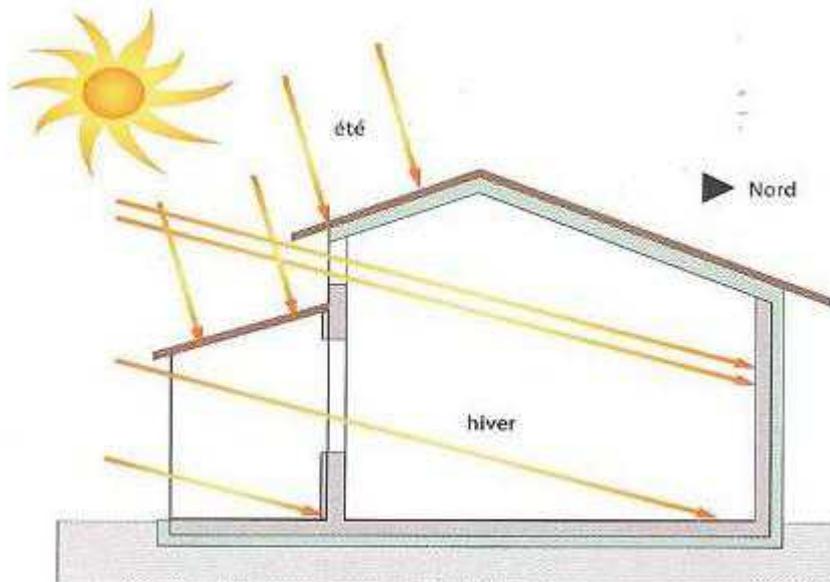


** kWh utiles - (1) Source : AJENA selon étude ADEME/EDF - (2) Source : ADEME - (3) Source : ADEME/EDF

Profitez des apports solaires passifs



SOURCE : onpeutlefaire.com



SOURCE <http://eyewear.trade/usd-bux.info/energie-solaire-passive-definition-lille-31>

Dois-je installer des capteurs thermiques ou photovoltaïques ?

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, bois, 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**.

Notre conseil

Préférez l'énergie solaire ou le bois pour la production de chaleur: cuisson, chauffage de l'eau sanitaire ou du logement

Réduisez votre consommation et privilégiez des appareils efficaces

Réservez l'électricité pour ce qui est indispensable ou incontournable

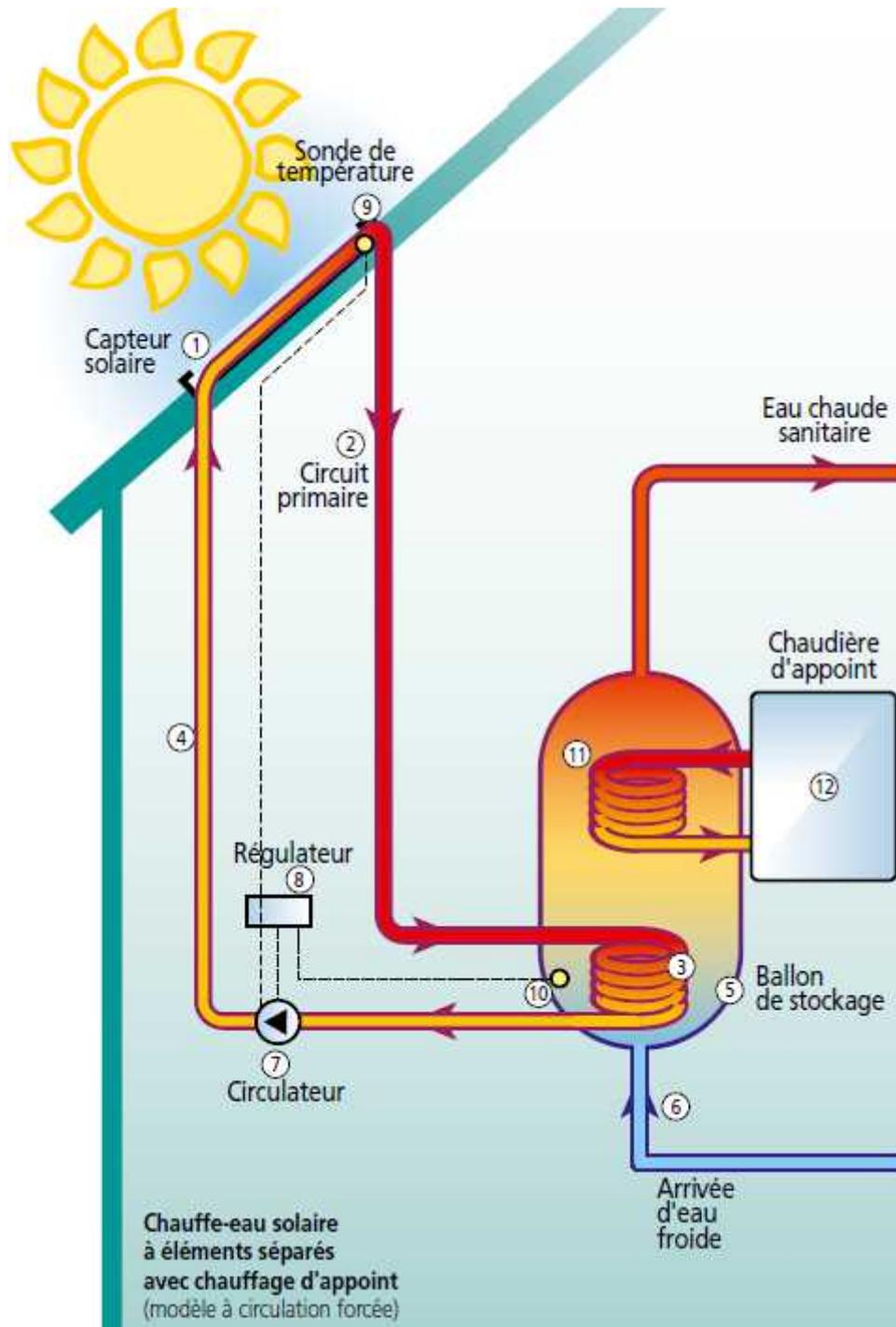
Thermique ou photovoltaïque ?



Et pourquoi pas les deux ?



Exercice pratique : j'installe un chauffe eau- solaire en circulation forcée



Source : ADEME

Dimensionnement de votre chauffe-eau solaire

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. Un sur-dimensionnement entraîne une augmentation de la production solaire, mais également une augmentation du coût du kWh produit et une baisse de la productivité de l'installation (production par m² et par an).

Les installations sont souvent dimensionnées avec un taux de couverture solaire compris entre 50 et 70 %. Il n'est en effet pas réaliste de vouloir produire 100 % des besoins en ECS en utilisant seulement l'énergie solaire.

Le dimensionnement de votre chauffe-eau solaire dépend principalement de votre besoin en eau chaude solaire, mais aussi des données climatiques du site et du rendement énergétique de l'installation.

Une estimation de la consommation quotidienne d'eau chaude solaire permet de pré-dimensionner votre installation. Une personne « normale » consomme environ 35 litres d'eau chaude à 50° par jour. En choisissant d'intégrer la consommation d'un lave-linge et d'un lave-vaisselle, il est possible de générer d'importantes économies. Pour la suite des calculs, nous retiendrons une consommation de 50 litres d'eau chaude à 50°C par jour et par personne.

Notre conseil

Sachez estimer votre besoin en eau chaude solaire

Ne cherchez pas à couvrir 100% des besoins

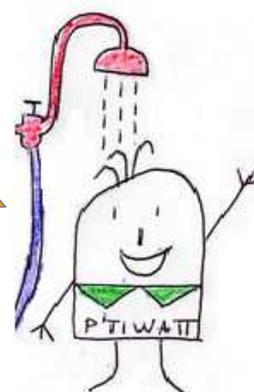
Alimentez votre lave-linge et votre lave-vaisselle en eau-chaude solaire

Ne surdimensionnez pas votre installation

Projet : Eau chaude solaire chez Doumé en Haute-Normandie 7.5 m² de capteur, ballon de 400 litres, installation en thermosiphon

| | |
|--|------|
| Volume de stockage (litre) | 400 |
| Surface des capteur (m ²) | 7,5 |
| Delta température ECS (°C) | 50 |
| Besoin quotidien (litre) | 200 |
| Besoin quotidien (kWh) | 11,6 |
| Inclinés à (degrés) | 45 |
| Apports solaire annuels (kWh/m ² /an) | 1180 |
| Coût de l'installation (€) | 2028 |
| Coût approximatif du kWh chez EDF (€) | 0,15 |
| Rendement capteur | 0,5 |
| Rentabilisé en (année) | 3,2 |

Il s'agit d'une estimation grossière



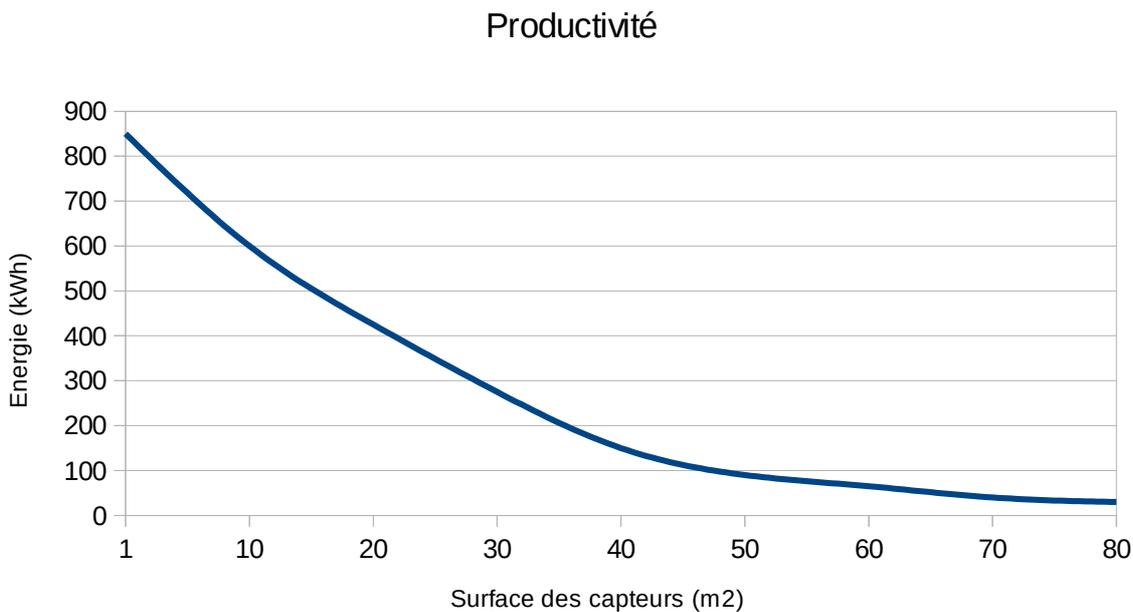
| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Année |
|---|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-------|
| Jours | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 365 |
| Apport solaire mensuel kWh/m ² (*) | 38 | 59 | 99 | 126 | 147 | 150 | 152 | 137 | 114 | 81 | 44 | 33 | 1180 |
| Besoin mensuel (kWh) | 360 | 325 | 360 | 348 | 360 | 348 | 360 | 360 | 348 | 360 | 348 | 360 | 4238 |
| Apport solaire mensuel (kWh) | 144 | 222 | 371 | 471 | 552 | 563 | 570 | 514 | 426 | 303 | 163 | 126 | 4425 |
| Couverture (%) | 40% | 68% | 103% | 135% | 153% | 161% | 158% | 143% | 122% | 84% | 47% | 35% | 104% |
| Couverture (%) | 40% | 68% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 84% | 47% | 35% | 81% |

Ne sur-dimensionnez pas votre installation solaire thermique

Notre installation est dimensionnée avec un taux de couverture solaire compris entre 60 et 70%. Il n'est pas réaliste de vouloir produire 100% des besoins en eau chaude solaire en utilisant seulement l'énergie solaire.

Un sur-dimensionnement entraîne une augmentation de la production solaire, une augmentation du coût du kWh produit, une baisse de la productivité de l'installation (production par m² et par an) et des problèmes techniques liés aux surchauffes.

La productivité des capteurs diminue avec la surface. Le 1er m² fournit 850 kWh par an, le 40ème seulement 150 kWh par an.



Comprendre les notions d'énergie et de puissance

Une calorie = 4,18 joules = énergie pour élever 1 g d'eau de 1°C

Un joule = 1 Ws

Énergie = Puissance x Temps

kW heure = kW x heure

1 kWh = 1000 W * 3600 s

Énergie nécessaire pour chauffer 400 l d'eau chaude sanitaire

| | |
|---------------------------------------|---|
| Volume du cumulus solaire | 400 l |
| Température de l'eau du réseau en mai | 10 °C |
| Température recherchée | 60 °C |
| Différence de température | 50 °C |
| Énergie nécessaire (en calories) | $400 \text{ l} \times 1000 \text{ g} \times 50 \text{ °C} = 20\,000\,000 \text{ cal}$ |
| Énergie nécessaire (en joules) | $20\,000\,000 \text{ cal} \times 4,18 \text{ J} = 83\,600\,000 \text{ J}$ |
| Énergie nécessaire (en Ws) | $83\,600\,000 \text{ J} = 83\,600\,000 \text{ Ws}$ |
| Énergie nécessaire (en kWh) | $83\,600\,000 / 3600 \text{ s} / 1000 \text{ g} = 23,22 \text{ kWh}$ |
| Coût avec EDF | $23,22 \text{ kWh} * 0,15 \text{ €} = 3,48 \text{ €}$ |
| Coût en énergie solaire | $23,22 \text{ kWh} * 0,05 \text{ €} = 1,16 \text{ €}$ |

Estimez rapidement le besoin, la rentabilité économique et environnementale de votre projet

Le besoin énergétique quotidien lié à la consommation d'eau chaude d'une famille de 4 personnes est estimé à :

$$4 \text{ personnes} \times 50 \text{ litres} \times 50 \text{ °C} \times 4,18 \text{ joules} / 3600 \text{ s} = 11,6 \text{ kWh}$$

Le besoin énergétique annuel de cette famille de 4 personnes est estimé à :

$$11,6 \text{ kWh} \times 365 \text{ j} = 4234 \text{ kWh}$$

Un chauffe-eau solaire permet d'assurer raisonnablement 65% des besoins en eau chaude de cette famille. Si ce chauffe-eau se substitue à l'énergie électrique fournie par EDF, alors l'économie financière annuelle est estimée à :

$$11,6 \text{ kWh} \times 365 \text{ j} \times 0,65 \% \times 0,15 \text{ €} = 412 \text{ €}$$

La quantité annuelle de CO2 évitée est estimée à :

$$11,6 \text{ kWh} \times 365 \text{ j} \times 0,65 \% \times 0,18 \text{ g} = 495 \text{ kg}$$

En 2007, nous avons découvert l'association APPER au travers de son site, son forum, des compte-rendus détaillés d'auto-construction et auto-installation par des particuliers et de son groupement d'achat.

Nous avons acquis un ballon de stockage avec un simple échangeur d'une capacité de 400 litres, 3 capteurs plans de 2,5m² chacun et toute la quincaillerie pour un montant de 2060€. Sur la base de calcul exposée précédemment, nous avons estimé que l'installation pourrait être amortie en :

$$2060 \text{ €} / 412 \text{ €} = 5 \text{ années}$$

| | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Économie d'énergie réalisée | 2752 kWh |
| Économie de CO2 réalisée (EDF) | 2752 kWh * 0,180 g = 495 kg |
| Économie de CO2 réalisé (gaz réseau) | 2752 kWh * 0,229 g = 630 kg |
| Économie annuelle (EDF) | 2752 kWh * 0,15 € = 412 € |
| Coût de l'installation | 2060 € |
| Installation amortie en | 5 années |

J'estime mes besoins

Le formulaire qui suit vous permet d'estimer rapidement la rentabilité de votre projet :

| Nombre de consommateurs réguliers | | Volume (l) | | Delta T (50°C) | | 4,18 (joules) | | 3600 (s) | | Besoin énergétique(kWh) |
|-----------------------------------|---|------------|---|----------------|---|---------------|---|----------|---|-------------------------|
| | x | | x | 50 | x | 4,18 | / | 3600 | = | |

| Énergie (kWh) | | 365 jours | | Couverture des besoins (0,65) | | Coût du kWh substitué (0,15€) | | Économie annuelle (€) |
|---------------|---|-----------|---|-------------------------------|---|-------------------------------|---|-----------------------|
| | x | 365 | x | 0,65 | x | 0,15 | = | |

| Coût de l'installation (€) | | Économie annuelle (€) | | Installation amortie en (années) |
|----------------------------|---|-----------------------|---|----------------------------------|
| | / | | = | |

Je simule mon projet avec CALSOL

CALSOL est un outil informatique gratuit et disponible en ligne depuis le site Internet de l'INES

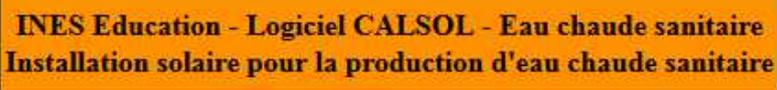
<http://ines.solaire.free.fr>

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.

Dans l'exemple qui suit, nous avons et introduit le paramétrage lié à notre installation et conservé certaines valeurs proposées par défaut :

| | |
|--|--------------------------------------|
| Ville la plus proche | Évreux |
| Inclinaison des capteurs par rapport à l'horizontal | 65° |
| Orientation par rapport au Sud : | + 15° |
| Besoin quotidien pour 4 personnes | 200 l |
| Élévation de la température | 50 °C |
| Surface des capteurs solaires | 7,5 m ² |
| Paramètres des capteurs solaires à revêtement sélectif | B = 0,75 K = 3,5W/m ² .°C |
| Coût de l'énergie substituée | 0,2€ |
| Coût de l'installation | 2060€ |
| Aucune subvention, actualisation de l'argent | 1 % |

* B : facteur optique K : perte thermique



Les résultats calculés par le présent logiciel sont donnés à titre indicatif et devront faire l'objet d'une étude les confirmant. En aucun cas, ils n'engagent la responsabilité de l'INES.

Choix de la ville : Evreux Prendre en compte un masque : non

Inclinaison du plan : 65° Orientation du plan : +15° Albédo du sol : 0.2

Besoin journalier en eau chaude (35 l/j par personne) : 200 litres à la température de : 50°C

Surface en capteurs thermiques de l'installation : 7.5 m²

Coefficients des capteurs thermiques : B = 0.75 K = 3.5 W/m².°C

Investissement initial ou surcoût (total ou par m²) : 2060 €

Taux de subventions à l'investissement initial : 0 %

Rendement thermique de l'échangeur et du stockage (typiquement 65%) : 65%

Coût de la maintenance annuelle en % de l'investissement initial : 0.5%

Coût de l'énergie substituée pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire : 0.2 €/kWh

Taux d'inflation sur le coût de l'énergie substituée : 0.0%

Coût d'actualisation de l'argent : 1% Durée de vie de l'installation : 20 ans

Source : INES - CALSOL

J'analyse les résultats

Au travers de cette simulation, on observe rapidement :

- l'énergie produite par unité de surface est de 330 kWh/m².an
- la configuration retenue permet de couvrir annuellement 72% des besoins en chaude solaire ;
- la quantité de CO₂ évitée est non négligeable ;
- un appoint en chaude solaire sera nécessaire de novembre à février ;
- la production **dépasse le besoin en eau chaude solaire** au cours des mois de juin, juillet, août et septembre ;
- le temps de retour sur investissement est de 4,4 années ;
- le coût du kWh solaire est estimé à 0,05€.

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) | 45 | 54 | 83 | 100 | 112 | 118 | 116 | 116 | 104 | 73 | 49 | 37 | 1007 |
| 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) | 321 | 290 | 313 | 290 | 284 | 261 | 262 | 262 | 261 | 284 | 290 | 313 | 3431 |
| Apports (kWh) | 118 | 138 | 212 | 252 | 281 | 298 | 299 | 304 | 276 | 195 | 135 | 101 | 2478 |
| Couverture (%) | 36.6 | 47.6 | 67.7 | 86.8 | 99.2 | 100 | 100 | 100 | 100 | 68.6 | 46.6 | 32.1 | 72.2 |

Calculs économiques (par la méthode TEC de B.Chabot/ADEME)

| | | |
|--|------|------------------------|
| Energie solaire thermique produite par unité de surface de capteurs par an : | 330 | kWh/m ² .an |
| Coût évité sur l'année en énergie d'appoint : | 496 | € |
| Temps de Retour Brut (TRB) : | 4.2 | an(s) |
| Prix de revient (CGA) du kWh solaire thermique : | 0.05 | €/kWh |
| Temps de Retour actualisé (TRA) : | 4.4 | an(s) |
| Taux de Rentabilité interne (TRI) : | 23.2 | % |
| Gain ou Valeur actuelle nette (VAN) en fin d'exercice : | 6696 | € |
| Taux d'enrichissement du capital investi (TEC) : | 3.25 | (sans unité) |
| Taux de subventions à l'investissement initial pour une rentabilité nulle : | -325 | % |

Calculs du gain environnemental

| | | |
|---|------|-----------|
| Emission de CO ₂ évité (moyenne électricité Europe : 0,476 kg/kWh) | 1179 | kg par an |
| Emission de CO ₂ évité (moyenne électricité France : 0,089 kg/kWh) | 221 | kg par an |
| Emission de CO ₂ évité (gaz naturel : 0,203 kg / kWh) | 503 | kg par an |
| Emission de CO ₂ évité (fioul domestique : 0,315 kg / kWh) | 780 | kg par an |

Source : INES - CALSOL

Attention aux surchauffes

La production dépasse le besoin en eau chaude !

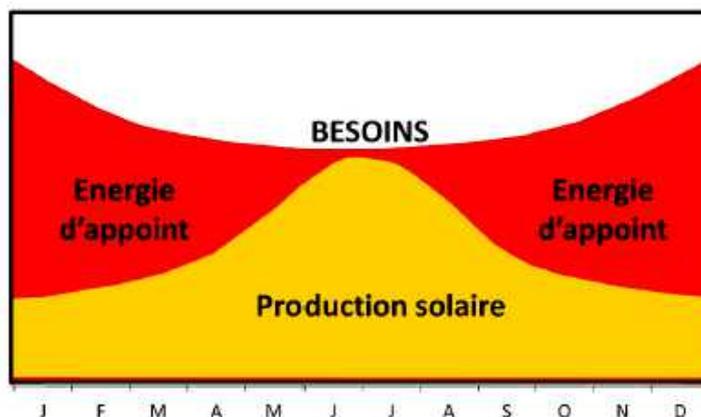
Cela semble rassurant : **“on ne vas pas manquer d'eau chaude”**.

Le fait que la production d'eau chaude dépasse le besoin durant la période estivale **illustre un mauvais dimensionnement**, un surcoût économique, une baisse de la productivité au m² solaire et des problèmes techniques à gérer.

En effet, 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.

Nous avons réalisé une simulation avec un champ de capteurs d'une surface réduite à 6m². Nous constatons que :

- la production solaire ne dépasse plus le besoin ;
- le risque de surchauffe est atténué ;
- la quantité d'énergie solaire produite par unité de surface augmente ;
- la surface des capteurs étant moins importante, le coût est moins élevé et le temps de retour sur investissement plus rapide.



Notre conseil

Apprivoisez un logiciel de simulation

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

Ne surdimensionnez pas votre système solaire thermique

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

Données climatiques à Villégats



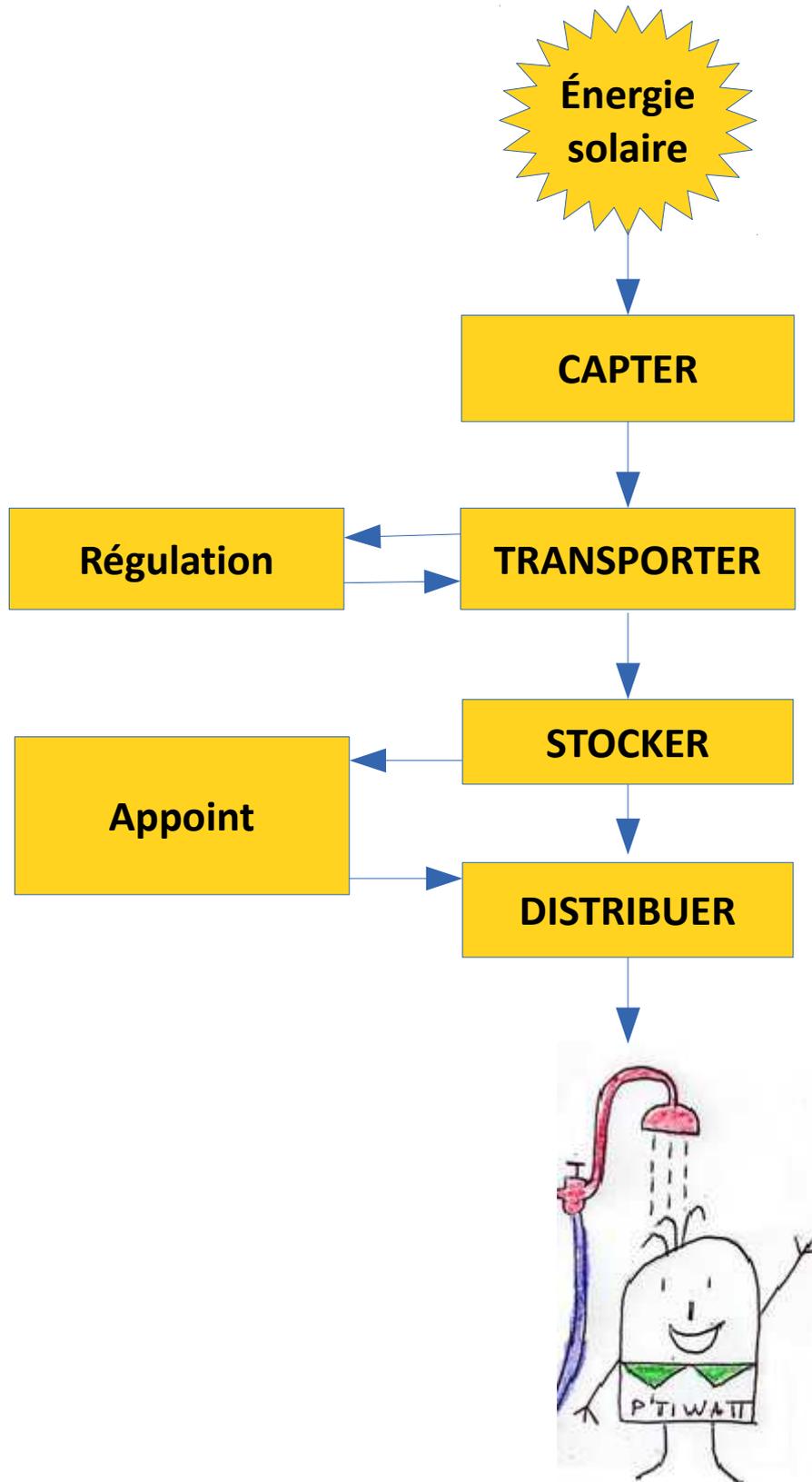
| - | jan | fév | mars | avr | mai | juin | juil | août | sep | oct | nov | déc | année |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <u>Déclinaison (°)</u> | -21 | -12.7 | -2.4 | 9.6 | 18.8 | 23.4 | 21.2 | 13.2 | 1.8 | -10.1 | -19.2 | -23.4 | 0.0 |
| <u>Durée du jour (h)</u> | 8.51 | 9.99 | 11.64 | 13.49 | 15.08 | 15.97 | 15.55 | 14.09 | 12.27 | 10.42 | 8.85 | 8.02 | 12.0 |
| <u>Frac Sol</u> | 0.25 | 0.27 | 0.33 | 0.39 | 0.4 | 0.46 | 0.43 | 0.46 | 0.47 | 0.34 | 0.28 | 0.21 | 0.38 |
| <u>Insolation (h)</u> | 2.13 | 2.7 | 3.84 | 5.26 | 6.03 | 7.35 | 6.68 | 6.48 | 5.77 | 3.54 | 2.48 | 1.68 | 4.5 |
| <u>Cte solaire (kW/m²)</u> | 1.412 | 1.401 | 1.383 | 1.359 | 1.337 | 1.324 | 1.322 | 1.333 | 1.353 | 1.377 | 1.397 | 1.41 | 1.367 |
| <u>IGO (kWh/m²)</u> | 2.68 | 4.29 | 6.41 | 8.88 | 10.75 | 11.61 | 11.14 | 9.49 | 7.15 | 4.75 | 2.99 | 2.24 | 6.88 |
| <u>IGH (kWh/m²)</u> | 0.91 | 1.48 | 2.45 | 3.67 | 4.52 | 5.23 | 4.83 | 4.33 | 3.32 | 1.88 | 1.08 | 0.73 | 2.88 |
| <u>Clareté KT</u> | 0.34 | 0.35 | 0.38 | 0.41 | 0.42 | 0.45 | 0.43 | 0.46 | 0.46 | 0.4 | 0.36 | 0.33 | 0.42 |
| <u>Rap IDH/IGH</u> | 0.69 | 0.69 | 0.64 | 0.6 | 0.6 | 0.56 | 0.58 | 0.55 | 0.54 | 0.62 | 0.67 | 0.71 | 0.59 |

Autres informations climatiques:

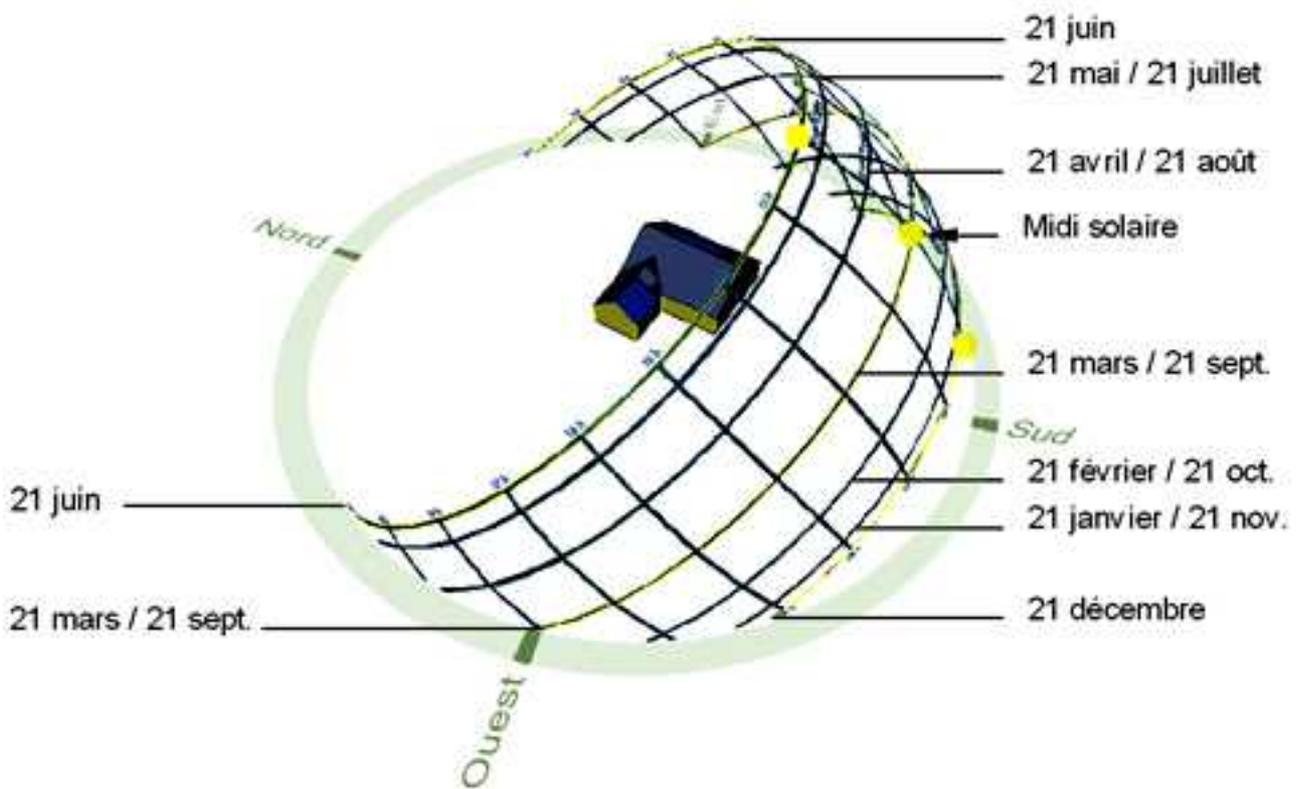
| - | jan | fév | mars | avr | mai | juin | juil | août | sep | oct | nov | déc | unité |
|------------------|-----|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-------|
| T air moy (°C) | 2.7 | 3.2 | 5.5 | 8 | 11.6 | 14.4 | 16.7 | 16.4 | 13.8 | 10.3 | 8 | 5 | 9.6 |
| T eau moy (°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 |
| Humidité rel (%) | 88 | 83 | 79 | 73 | 76 | 72 | 72 | 69 | 73 | 83 | 88 | 89 | 78.8 |
| Vent moy (m/s) | 4.7 | 4.8 | 4.1 | 4.3 | 3.9 | 3.7 | 3.9 | 3.5 | 3.8 | 4.5 | 4.3 | 4.5 | 4.2 |

Note : les données en bleues sont des entrées, les données en noires sont calculées.

Source : INES - CALSOL



Comprendre la trajectoire du soleil



Source : arkitekto.pagesperso-orange.fr/P2_solaire.htm

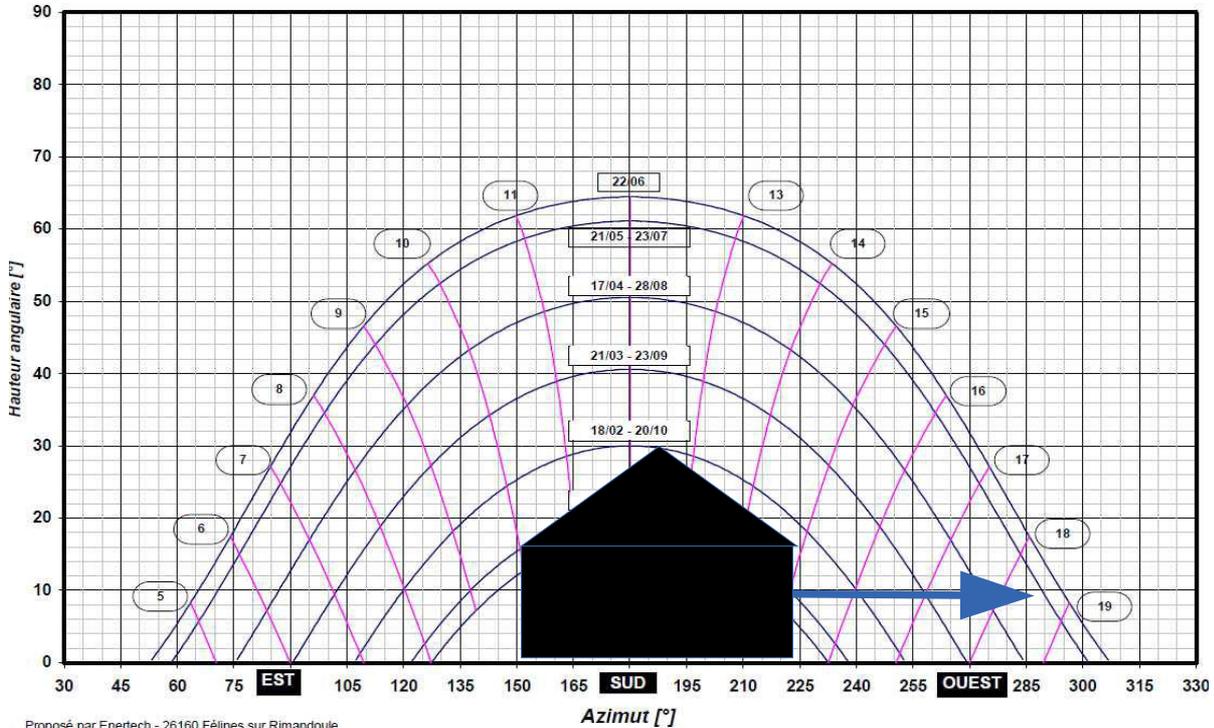


Les capteurs solaires au nord produisent moins

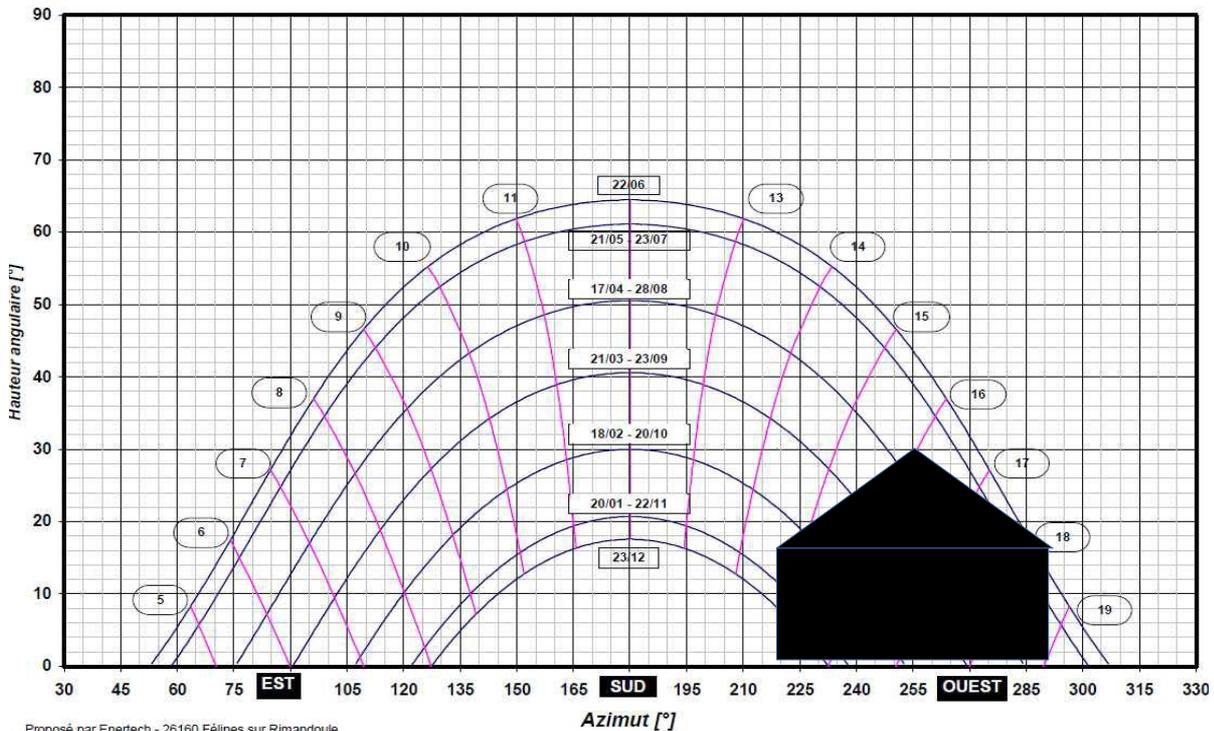
Masques solaires

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)

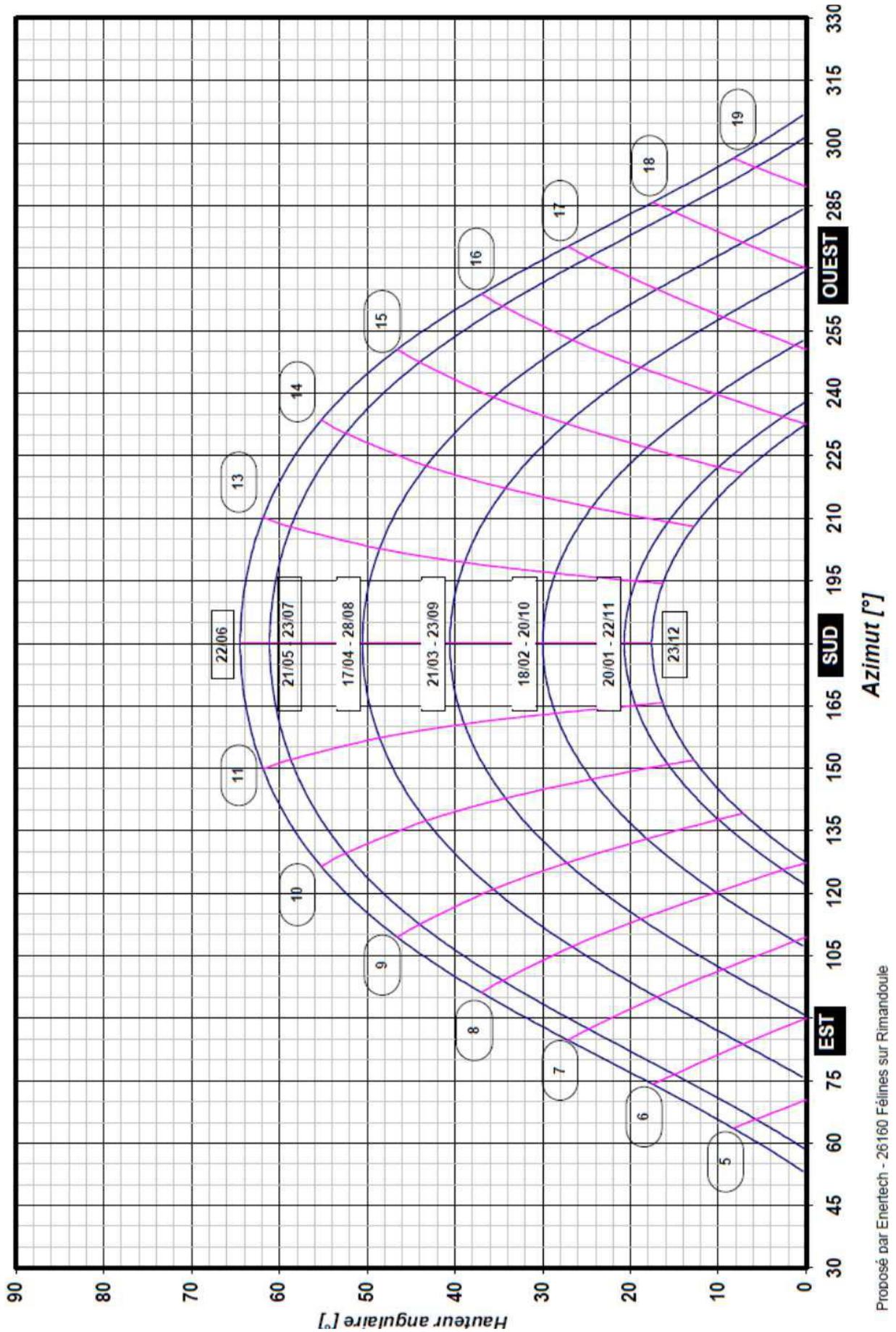


TRAJECTOIRES DU SOLEIL
(Latitude = 49 °N)



Source : Enertech

TRAJECTOIRES DU SOLEIL
(Latitude = 49 °N)



Proposé par Enertech - 26160 Félines sur Rimandoule

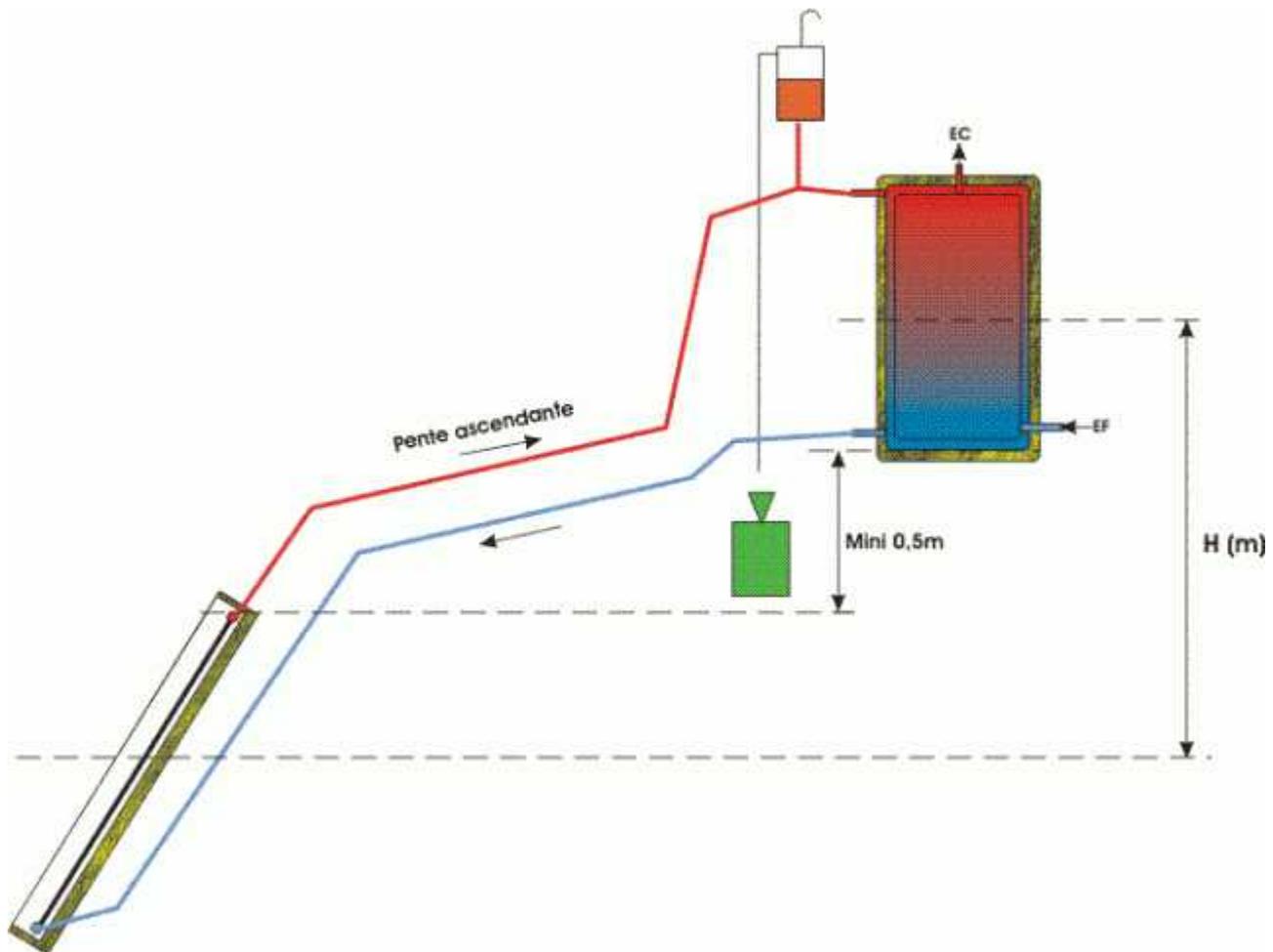
Chauffe-eau solaire en thermosiphon

Notre installation solaire est montée en thermosiphon, c'est à dire que 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 système est passif, il ne requiert ni pompe ni régulation.



Source : econologie.com

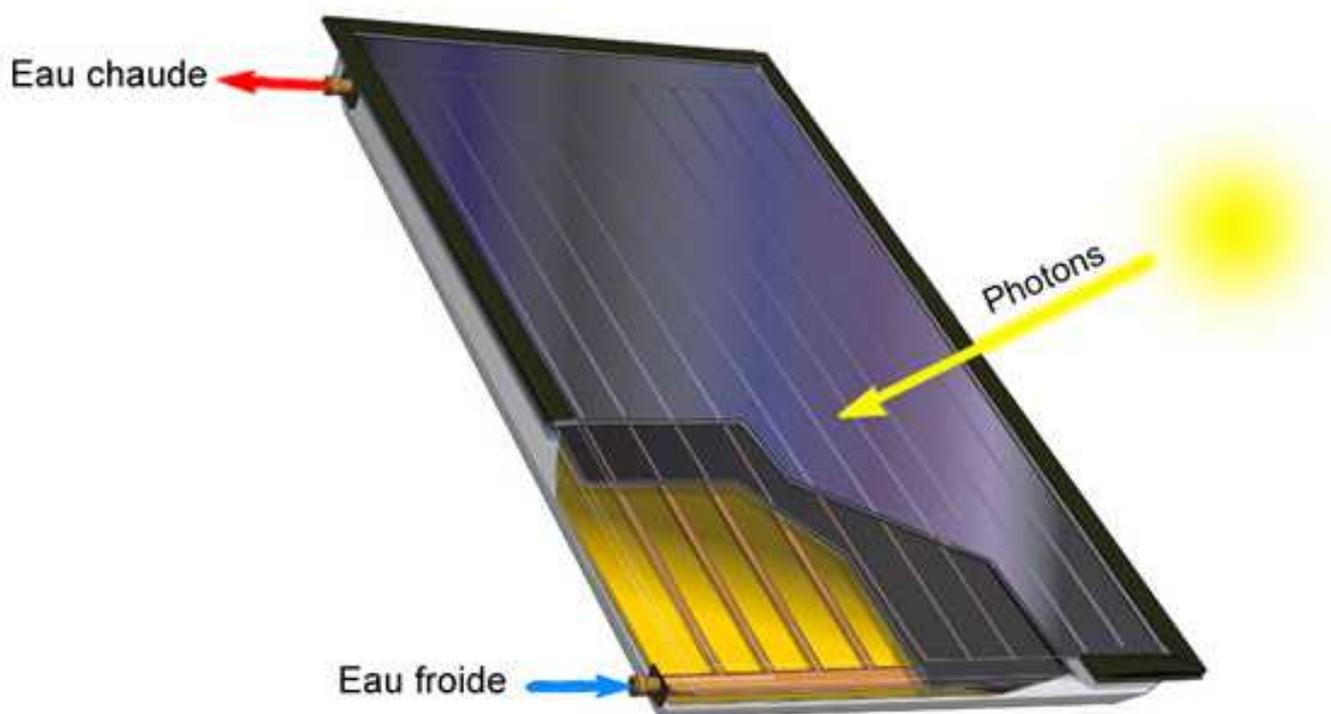
Avantages

- Pas de pompe, pas de sonde, pas de régulation
- Pas besoin d'énergie annexe
- Circuit primaire à la pression atmosphérique
- Économique
- Rustique

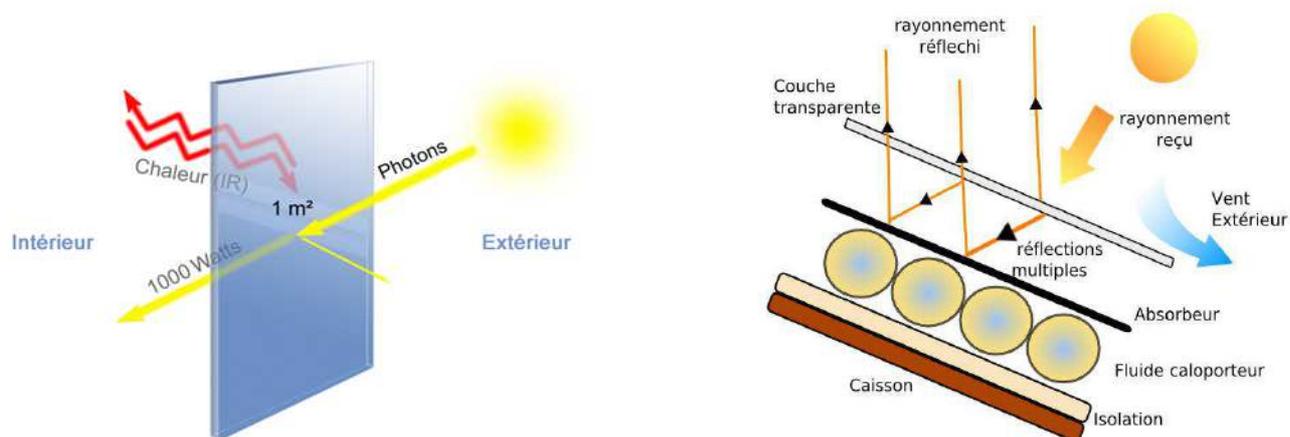
Inconvénients

- Le stockage doit être situé au moins 0,5m au dessus des capteurs
- La pente des tuyaux doit être supérieur à 5 % en tout point du circuit
- Le système est moins réactif qu'en circulation forcée ($\Delta T > 25^{\circ}\text{C}$)
- Isolation du stockage
- Attention aux pertes de charge
- Esthétique

Les capteurs thermiques plans



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



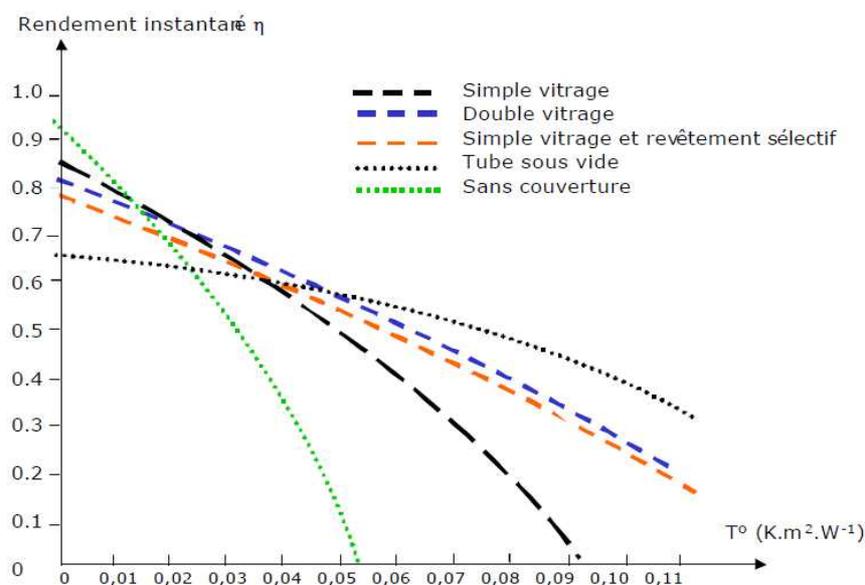
Source : infoenergie69.org

Notre conseil

Isoler la face arrière

Le rendement des capteurs

Le tableau qui suit permet d'effectuer une comparaison du rendement entre différentes technologies de capteurs selon la température. Le capteur utilisé dans notre simulation est un capteur **simple vitrage disposant d'un revêtement sélectif**. On constate qu'à haute température, son rendement est encore bon. Ce qui explique qu'il continue à produire de l'eau chaude alors que l'on souhaiterait que sa production s'arrête. La température de stagnation est de 203°C, ce qui augmente le risque d'altérer le liquide caloporteur.



Source : ADEME

A contrario, le capteur à **simple vitrage et revêtement non sélectif** dispose d'un très bon rendement à basse température. A haute température, son rendement chute précisément au moment où l'on souhaite éviter une surchauffe. De surcroît, le coût du capteur simple vitrage est inférieur au coût du capteur **simple vitrage disposant d'un revêtement sélectif** ce qui permet d'augmenter le temps de retour sur investissement. En outre, la température de stagnation est de 135°C, ce qui réduit le risque d'altérer le liquide caloporteur.

Notre conseil

Plus un capteur est chaud, moins il est efficace.

Privilégier les basses températures

Si vous êtes en phase projet, simulez l'option suivante :

- des capteurs à revêtement non sélectif ;
- augmentation de la surface ;
- relever les capteurs afin de privilégier la production hivernale et réduire le risque de surchauffe estivale.

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.

Notre conseil

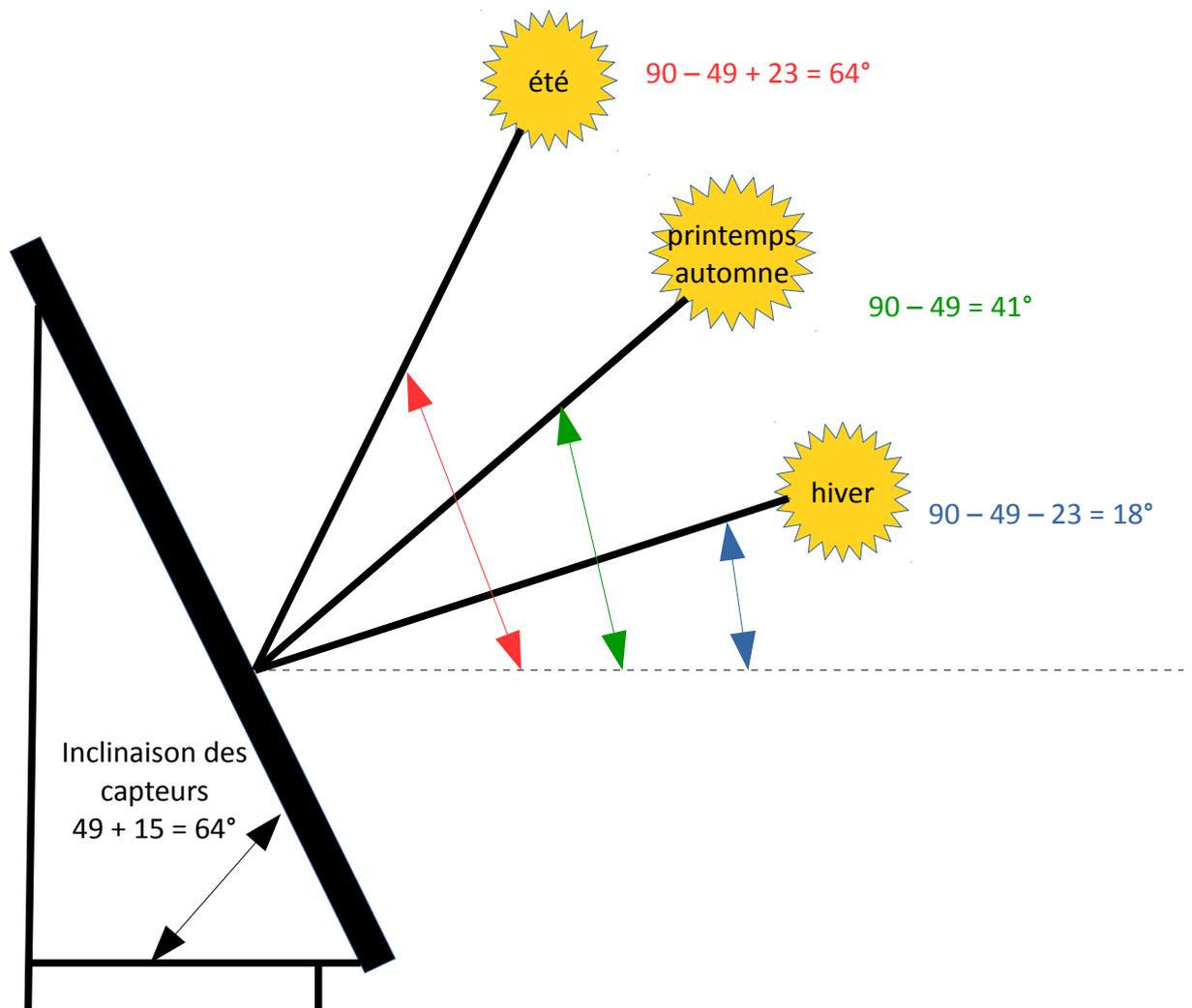
Les besoins en eau chaude sont généralement supérieurs en hiver.

Des capteurs solaires thermiques, orientés Sud et inclinés à 65°, limitent les surchauffes d'été et favorisent la production hivernale.

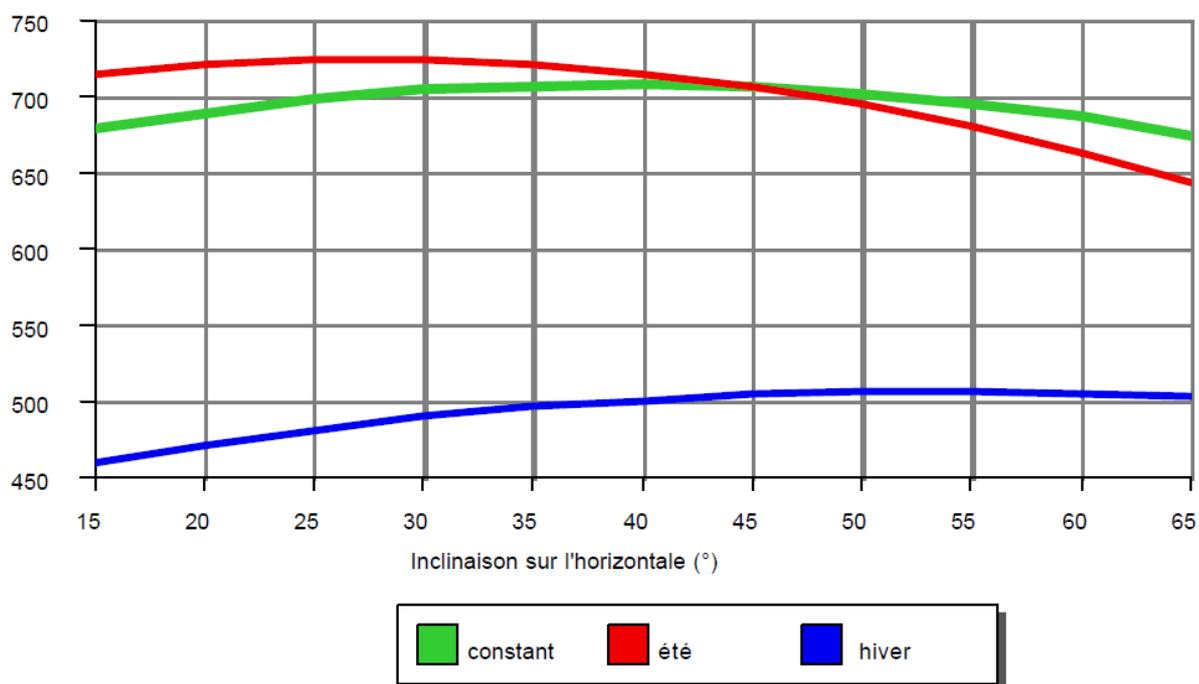
Répartition mensuelle des consommations

| 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 l'inclinaison des capteurs



Productivité en fonction de l'inclinaison et de la saisonnalité de la consommation

Source : ADEME

Les capteurs sont montés sur un cadre en acier

Les capteurs sont posés sur un cadre ou châssis en acier auto construit.

Le cadre a reçu plusieurs couches de peinture anti-rouille. Un cadre en acier galvanisé aurait été une bonne voire meilleure option.

Le châssis est fixé à deux blocs en béton coulés sur place à l'aide de quatre chevilles chimiques.

Le cadre est incliné de 5° afin d'amorcer le thermosiphon à l'intérieur des capteurs.

Les capteurs sont relevés à 64° afin d'augmenter la production hivernale et diminuer le risque de surchauffe en été.

Les capteurs sont orientés plein sud -10° afin de diminuer l'incidence de l'ombre portée par la haie du voisin.



Ce pied est plus haut afin d'amorcer le thermosiphon

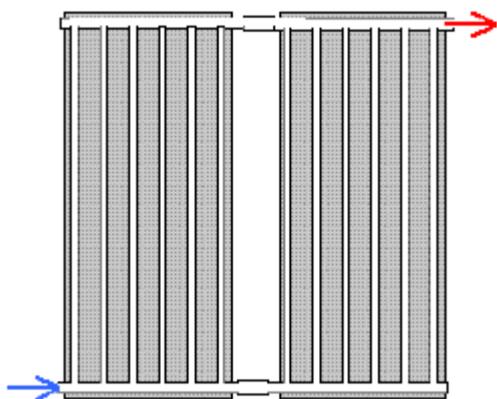
Les trois capteurs sont raccordés en parallèle

Les capteurs utilisés sont montés en échelle.

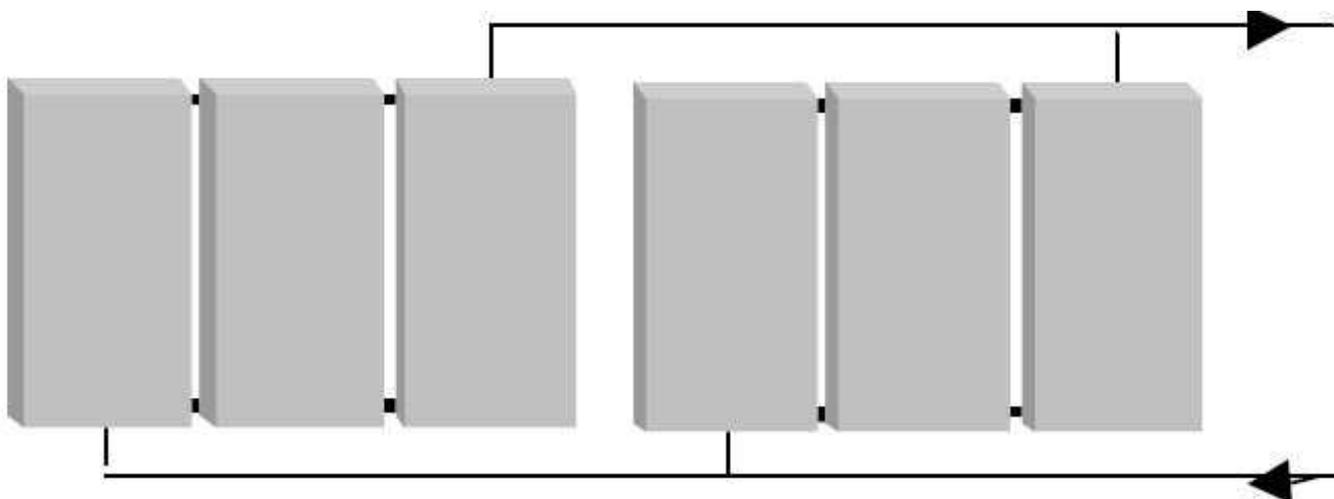
Les pertes de charges sont faibles.

Les 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, ils doivent être raccordés en boucle de Tickelmann :



Source : ADEME

Notre conseil

Veillez à ce que la tuyauterie « retour eau froide » soit plus longue que la tuyauterie « départ eau chaude »

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.

L'inox annelé est intéressant pour sa souplesse et les passages difficiles. Cependant, il faut être vigilant vis à vis des pertes de charges occasionnées, notamment en thermosiphon.

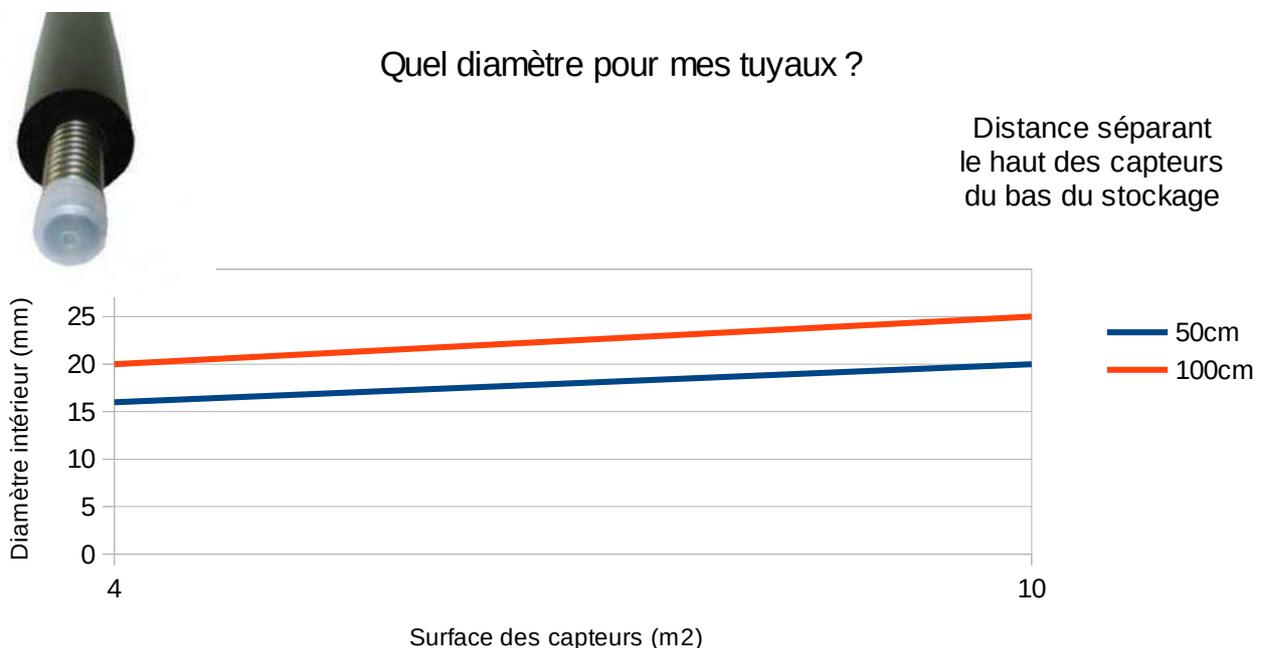
Si le liquide caloporteur se refroidit, alors cela pourrait stopper la circulation naturelle recherchée en thermosiphon. Les tuyaux doivent donc être isolés très correctement avec un matériau disposant de cellules fermées (afin que l'eau ne puisse pénétrer dans l'isolant), résistants aux hautes températures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

Les circuits ont été réalisés pour partie avec du cuivre et pour le reste avec de l'inox annelé isolé lorsque l'usage du cuivre était difficile. Une procédure de mise en œuvre de l'inox annelé sans outil spécifique est disponible sur le site APPER.

A noter que le cuivre s'allonge de 1.7 mm à 100°C , ce qui n'est pas négligeable.



Le tableau qui suit permet de déterminer le diamètre intérieur des tuyaux à utiliser.



Notre conseil

Pour les soudures, préférez la brasure forte à la soudure à l'étain.

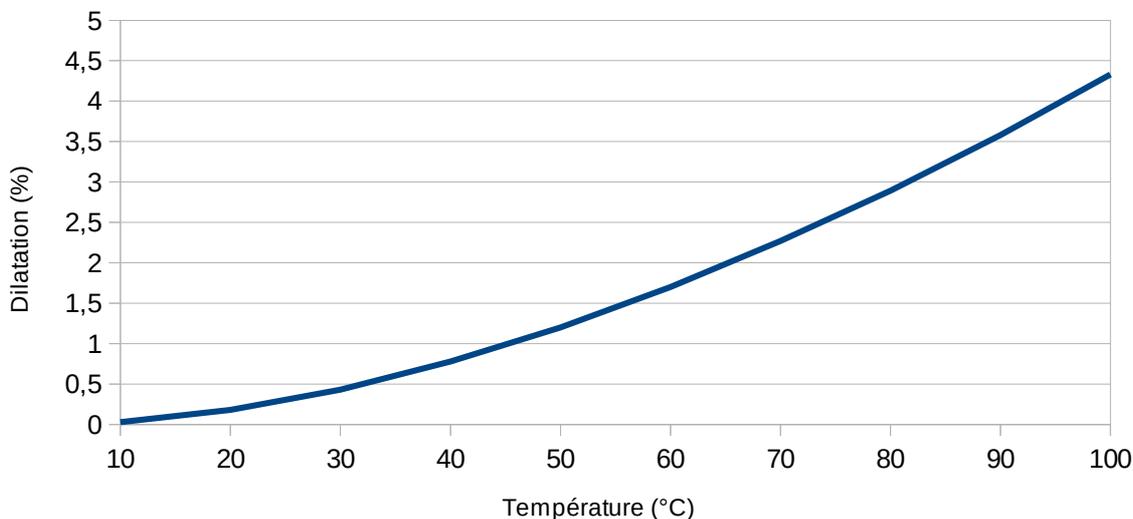
La pente des tuyaux doit être supérieure à 5 % en tout point du circuit.

Réduire au maximum les coudes ou tout ce qui est susceptible de provoquer des pertes de charge.

Vases d'expansion sur le circuit sanitaire

L'eau chaude sanitaire se dilate sous l'effet de la chaleur.

Coefficient de dilatation de l'eau



Dans notre cas, 500 litres d'eau portés à 90°C devient 517,9 litres.

Si le circuit est fermé, le cumulus solaire explose.

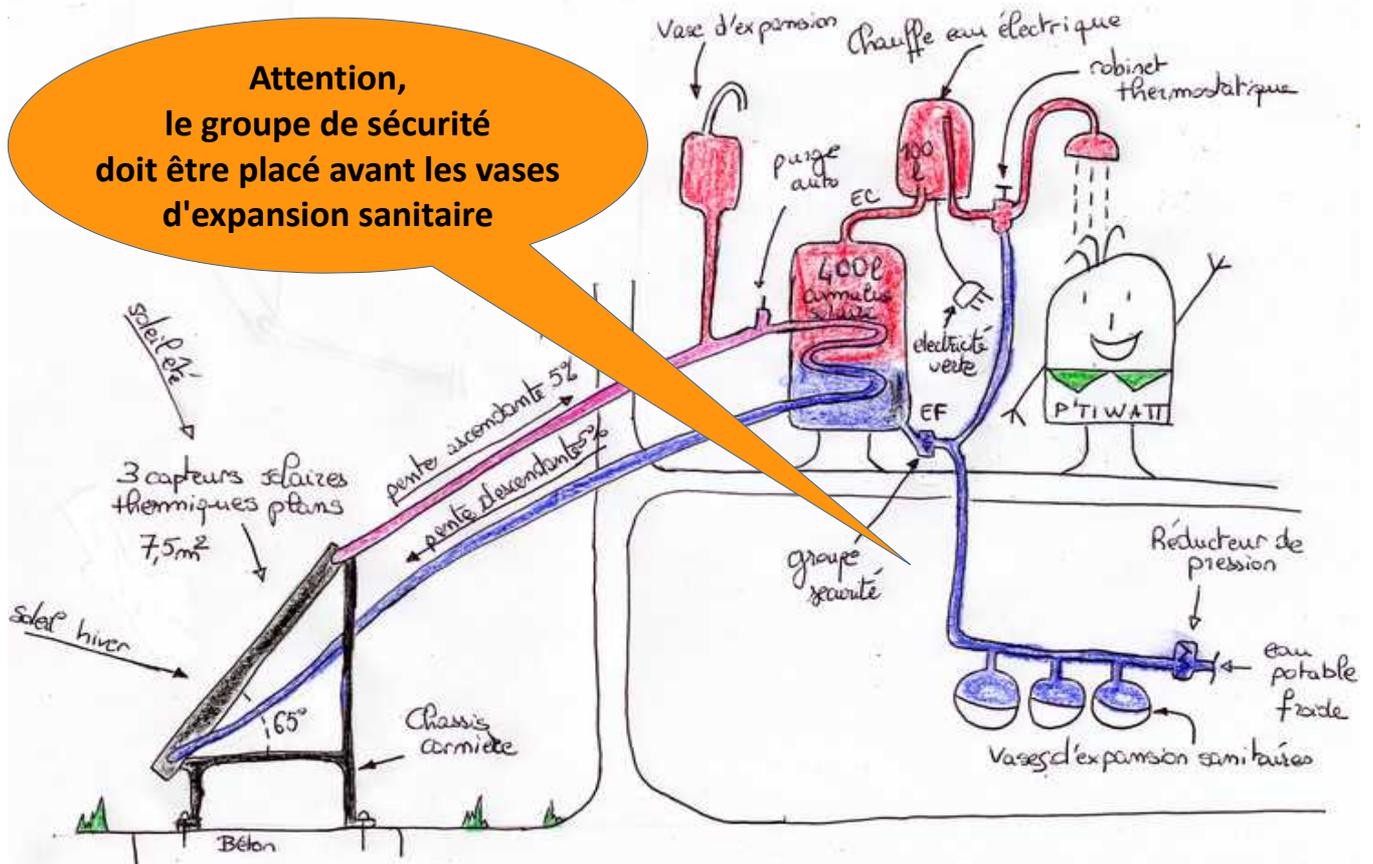
Un groupe de sécurité protège l'installation. Lorsque le volume augmente, la pression augmente. La soupape de sécurité s'ouvre à partir de 6 bars afin de laisser s'échapper la variation du volume soit 17,9 litres pour notre cas.

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'a été rejeté.



**Attention,
le groupe de sécurité
doit être placé avant les vases
d'expansion sanitaire**



Comment déterminer le volume minimal des vases d'expansion sanitaires

| | |
|--------------------------------------|---|
| Volume du cumulus solaire | 400 litres |
| Volume du cumulus électrique | 100 litres |
| Température max | 90°C |
| Coefficient de dilatation à 90°C | 3,58 % |
| Dilatation | $(400 \text{ l} + 100 \text{ l}) * 3,58 \% = 17,9 \text{ litres}$ |
| Volume minimal des vases d'expansion | $17,9 * 2 = 35,8 \text{ litres}$ |

Le liquide caloporteur

Les qualités recherchés sont :

- stabilité à haute température (stagnation),
- protection anticorrosion,
- utilisable avec matériaux courants,
- chaleur spécifique et conductivité élevées,
- non-toxicité, faible impact sur environnement,
- basse viscosité (consommation des pompes),
- prix réduit, 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 : 150°C

Saturation des capteurs sous vide : 230°C



Notre conseil

Relever 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.

Vase d'expansion à l'air libre sur le circuit primaire

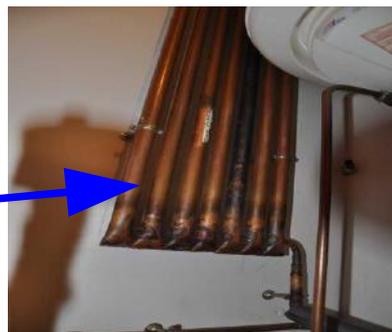
Dans notre cas, le circuit primaire est composé de 35 litres de liquide caloporteur.

35 litres portés à 150°C deviennent 38,2 litres.

Si le circuit est fermé, le cumulus solaire explose.

Nous avons installé un vase d'expansion à l'air libre.

En cas d'incident, le trop plein du vase d'expansion est envoyé et collecté dans un bidon.



Vidange et remplissage 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.



Notre conseil

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.

Cumulus solaire

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. Notre besoin étant estimé à 200 litres d'eau chaude, nous avons choisi de doubler la capacité du cumulus solaire soit 400 litres.

| | |
|---|--|
| Besoin estimé quotidien pour 4 personnes | 200 l |
| Volume du cumulus solaire retenu | 400 l |
| Volume du cumulus électrique d'appoint séparé | 100 l |
| Volume de stockage total | 500 l |
| Surface des capteurs | 7,5 m ² |
| Volume par m ² | 500 l / 7,5 m ² = 66 l/m ² |



Notre conseil

Viser 70 l à 80 l par m² de capteur

La surface de l'échangeur du ballon doit représenter 20 à 30% de la surface des capteurs



Appoint électrique séparé

Au travers des résultats de la simulation CALSOL, nous constatons qu'un appoint en chaude solaire est nécessaire au cours de l'hiver. Nous devons faire face à des périodes défavorables (demi-saison, longue période de mauvais temps). L'énergie solaire ne peut assurer la totalité de la production d'eau chaude.

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 | 54 | 84 | 101 | 112 | 118 | 115 | 116 | 105 | 74 | 50 | 38 | 1013 |
| 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) | 393 | 355 | 385 | 359 | 356 | 331 | 334 | 334 | 331 | 356 | 359 | 385 | 4278 |
| Apports (kWh) | 120 | 140 | 213 | 251 | 279 | 295 | 296 | 303 | 277 | 196 | 137 | 102 | 2609 |
| Couverture (%) | 30.4 | 39.3 | 55.4 | 69.9 | 78.5 | 89.1 | 88.6 | 90.7 | 83.7 | 55.3 | 38.1 | 26.5 | 61 |

SOURCE : CALSOL – INES EDUCATION

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.

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.

Notre conseil

Séparer l'appoint

Placer l'énergie d'appoint immédiatement après le cumulus solaire

Appoint en eau chaude avec un rocket stove

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'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 rocket stove Poêlito](#) organisé par l'association [Dès2Mains](#) avec pour objectif de produire notre eau chaude durant ces 4 mois difficiles.

Nous avons raccordé le rocket stove au chauffe-eau solaire thermique existant.

Nous l'avons d'abord raccordé en thermosiphon, mais cela n'a pas fonctionné en raison de la configuration locale. Nous avons donc installé une vanne 3 voies et une pompe de circulation sur le retour. Cette vanne oriente le liquide caloporteur vers le rocket stove plutôt que vers les capteurs solaires parce que dans notre configuration, le rocket stove et les capteurs solaires se partagent un même cumulus.

L'unique serpentin du cumulus solaire est partagé entre la production d'eau chaude solaire ou bois. C'est l'un ou l'autre, mais pas les deux. De ce fait, il vaut mieux 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.



Un kilo de bois, c'est un peu plus de 4kWh s'il est bien sec. Ce kilo de bois, si le rendement était de 100%, permettrait d'élever presque 100 litres d'eau de 50°C.



La 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.



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.



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.

Origine de certaines images et informations utilisées dans ce support

apper-solaire.org

ines.solaire.free.fr

ajena.org

eyewear.trade/usd-bux.info/energie-solaire-passive-definition-lille-31/

onpeutlefaire.com

www.arkitekto.com/P2_solaire.htm

arkitekto.pagesperso-orange.fr/P2_solaire.htm

infoenergie69.org

econologie.com

planete-oui.fr

Enertech

ADEME



L'association P'TIWATT sensibilise et facilite l'accès aux énergies renouvelables. Elle organise des stages, diffuse des savoir-faire visant à faciliter la production d'énergie renouvelable au plus proche du lieu de consommation afin d'éviter les déperditions énergétiques, de réduire notre facture énergétique, de générer d'importantes économies, de réduire notre empreinte carbone et de renoncer à l'utilisation d'énergies d'origine nucléaire ou fossile.

Merci à celles et ceux qui ont contribué à la mise au point de ce support.

Association P'TIWATT
Section APPER Porte de Normandie
Sensibiliser et faciliter l'accès aux énergies renouvelables
29 bis rue Saint Léger - 27120 Villégats
Association enregistrée sous le n° W273003956
Plus de renseignements : Dominique BOUCHERIE
Nous contacter : 06 95 82 11 41
Mail : ptiwatt@mailoo.org - Blog : <http://ptiwatt.kyna.eu>