

Chauffage solaire par le sol

Configuration de l'habitation

La maison est située à Edern (Finistère).
 Le sol est constitué des éléments suivants :
 Hérissou ventilé de 35cm
 2 couches croisées de plaques de 5cm de liège
 membrane frein vapeur d'étanchéité à l'air
 5 boucles de tuyaux multicouches de diamètre 12/16 d'environ 100m chacune au pas de 10, posées sur une surface d'environ 40 m².
 Dalle en béton de chaux de 20 cm (8 m³)
 chape chaux/sable de 7cm (2,8 m³)
 revêtement travertin de 1,5 cm (0,6m³)
 volume de stockage total: 11,4 m³ de minéral, soit l'équivalent d'environ 6 m³ d'eau.



Le chauffage principal est assuré par un poêle à bois à accumulation (OXALIS 6kw).

<https://pdm-oxalis.forumactif.com/>

<https://forum.poeledemasse.org/c/oxa-libre/37>

Le plancher chauffant vient en appoint.

Le volume chauffé actuellement est de 240 m³ sur 2 niveaux. La maison est très bien isolée, orientée Sud et bénéficie en plus d'un apport solaire direct par une extension vitrée.

Considérations énergétiques

D'après le livre APPER :

https://izibook.cyrolles.com/produit/1106/9782212416619/Installer%20un%20chauffage%20ou%20un%20chauffe-eau%20solaire?search_text=solaire

Le plancher accumule l'énergie sous forme de chaleur. Sa température maximale de confort, en fin de journée de stockage, est estimée à environ 30 °C. Le lendemain matin, la température ne doit pas être en dessous de 25 °C pour continuer de rayonner.

Quelle est l'énergie pouvant être stockée dans une dalle de 20 cm d'épaisseur sur une surface de 100 m² ? Comme nous l'avons vu, la capacité de stockage du béton est évaluée à la moitié de celle de l'eau (chaleur massique divisée par 4, mais densité multipliée par 2 par rapport à l'eau). L'apport énergétique pour une variation de température de 2,5 °C est donc le suivant :

$$E = 20 \text{ m}^3 \times \frac{1}{2} \times 1,16 \times 2,5 \text{ °C} = 30 \text{ kWh} ,$$

Apport énergétique quotidien nécessaire pour ma configuration (perte de 1,5° par 24h) :

$$11,4 \text{ m}^3 \times 0,5 \times 1,16 \times 1,5 = 9,9 \text{ kWh}$$

E=10 kWh

D'après le site de l'INES, (<http://ines.solaire.free.fr/>) le gisement récupérable sur les 6 mois de chauffe, entre octobre et avril est de 524 kWh/m², soit une moyenne journalière de 2,46 kWh/m² de panneaux dans ma configuration. (localisation, orientation)
 En considérant un rendement global de l'installation de 40 %, il resterait en moyenne environ 0,984 kWh/m²/j pour chauffer la maison, soit 19,7 kWh/j avec les 20 m².

Irradiation en kWh/m² par jour à BREST

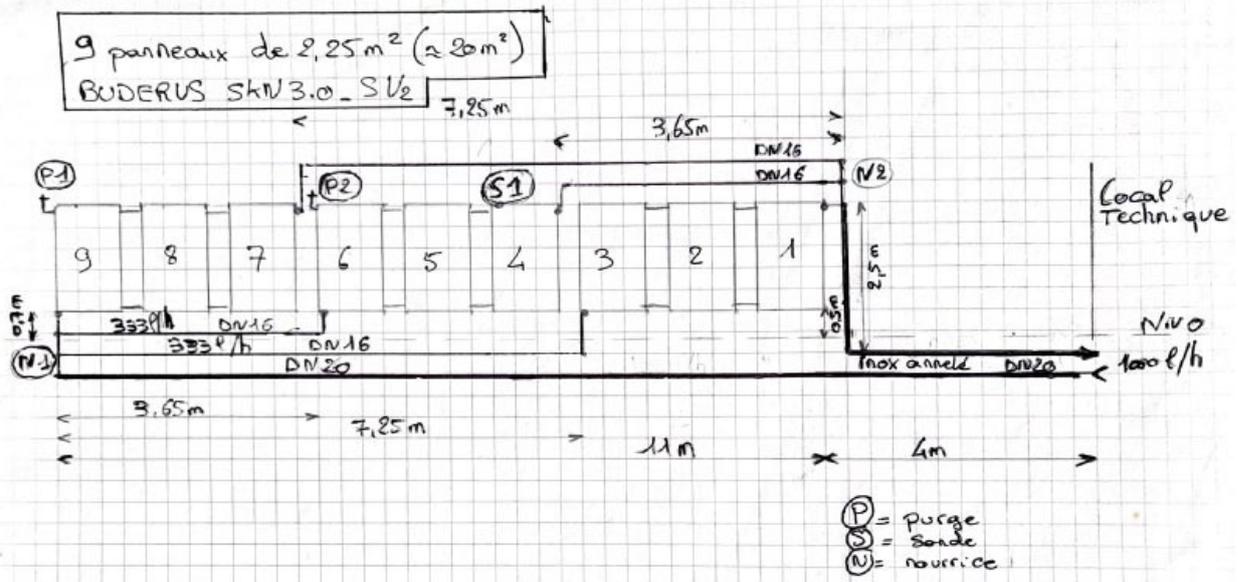
Irradiation sur un plan d'inclinaison 60° et d'orientation -15°.

[Comparaisons](#)

Irradiation :	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
Directe (IBP)	1.04	1.13	2.17	2.27	2.27	2	2.06	1.92	1.58	1.91	1.2	0.83	1.7
Diffuse (IDP)	0.49	0.77	1.21	1.68	2.01	2.18	2.11	1.83	1.37	0.92	0.57	0.41	1.3
Réfléchi (IRP)	0.05	0.08	0.15	0.21	0.27	0.28	0.27	0.22	0.15	0.11	0.06	0.04	0.16
Globale (IGP)	1.58	1.97	3.52	4.16	4.55	4.46	4.44	3.98	3.1	2.95	1.83	1.28	3.16

Rendement de 40 % :	0,632	0,788	1,408	1,664	1,82	1,784	1,776	1,592	1,24	1,18	0,732	0,512	1,264
Avec 19,8 m ² (kWh)	12,51	15,6	27,88	32,95	36,04	35,32	35,16	31,52	24,55	23,36	14,49	10,14	25,03
apport 24h dalle en ° :	1,89	2,36	4,22	4,98	5,45	5,34	5,32	4,77	3,71	3,53	2,19	1,53	3,79
exemples journaliers	2,4	2,7	3,4						3,3	2,9	2	1,7	

Raccordement panneaux



BUDERUS"LOGASOL SKN 3.0-s

Superficie hors tout (m²) 2,40
 Superficie d'entrée (m²) 2,26
 Superficie d'absorbeur (m²) 2,23
 Contenance de l'absorbeur (dm³) 0,86
 Pression maximale de service (bars) 6
 Poids à vide (kg) 41
 Dimensions hors tout (m) 2,070 x 1,145 x 0,090

Caractéristiques thermiques du capteur BUDERUS"LOGASOL SKN 3.0-s" (pour un débit moyen de 70 l/h/m² de superficie d'entrée du capteur) :

- rendement optique η_0 (sans dimension) : 0,770
- coefficient de perte du premier ordre a_1 (W/m²K) : 3,681
- coefficient de perte du second ordre a_2 (W/m²K) : 0,0173
- température conventionnelle de stagnation, T_{stg} (°C) : 188 °C

Caractéristiques thermiques du capteur solaire " LOGASOL SKN 3.0-s" (rapportées au m² de superficie d'entrée) obtenues par linéarisation de la courbe de rendement (utilisable pour application du logiciel Solo) :

- facteur optique (sans dimension) : 0,78
- coefficient de transmission thermique globale (W/m².K) : 4,99



Pertes de charge

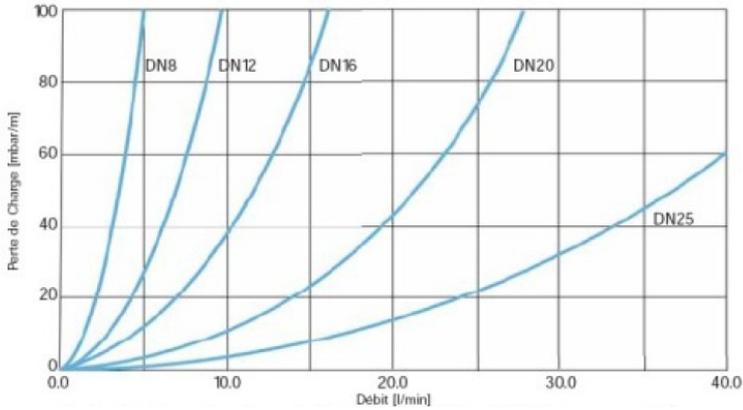
On admet généralement que le débit nécessaire doit être de **50 l par mètre carré de capteur et par heure**.

9 panneaux = 20,25 m², donc un **débit** de 50 litres x 20,25 = **1012 litres par heure** pour la pompe, soit 337 litres/h par groupe de panneaux.

Raccordement en 3 groupes, type « classique ».

1012 l/h = 16,87 l/mn

337 l/h = 5,62 l/mn



Pertes de charge inox annelé (d'après doc « échangeurs instantanés ECS en inox annelés » par Ramses)

DN16 (di 16,5) : 7,25m

DN20 (di 20,2) : 21,5m

D'après abaque, avec 16,87 l/mn : en DN20, pertes de 220 mm/m, soit 220x21,5=

4730mm

D'après abaque, avec 5,62 l/mn en diam 16, pertes de 160 mm/m, soit 160x7,25=

1160 mm

Panneaux

20mm

Coudes

200 mm

Total circuit primaire :

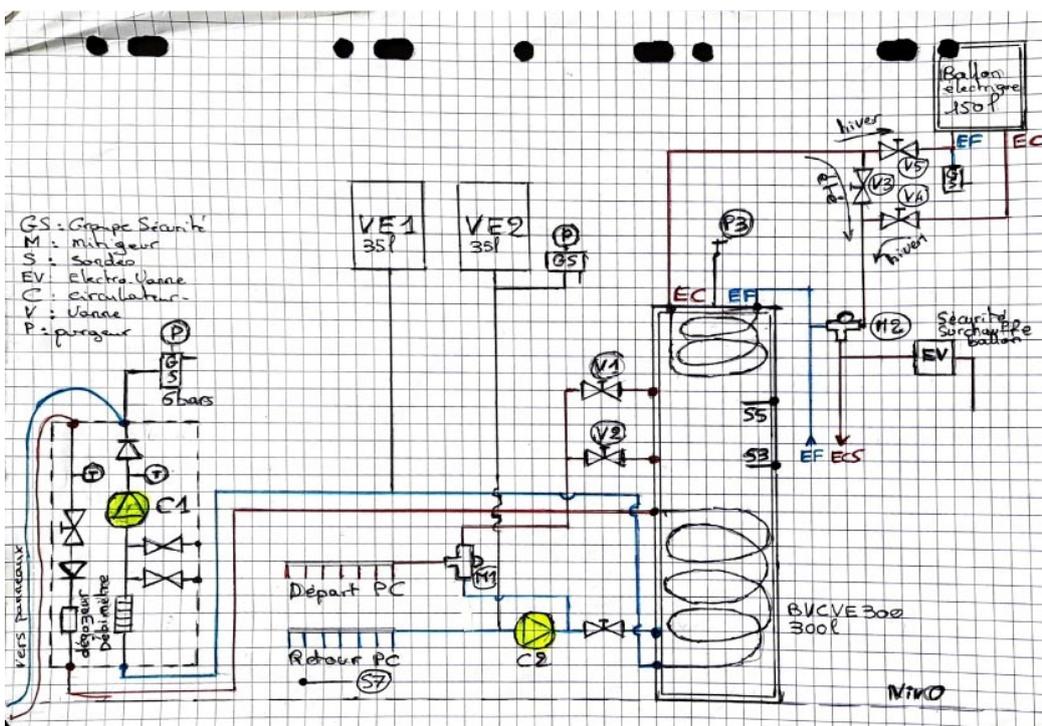
6110 mm

Remplissage circuit

Le volume total du circuit primaire est d'environ 30 litres. Le liquide caloporteur contient 30 % de glycol pour une protection jusqu'à -12°.

Le circuit est rempli avec une pompe à épreuve.

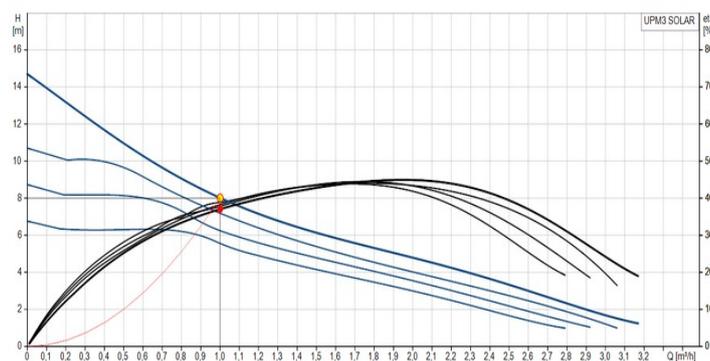
Schéma de l'installation



C1 : circulateur du circuit primaire

Grundfos Solar UPM3 25-145 130

Station solaire 2 voies gros débit (Solaire Diffusion)



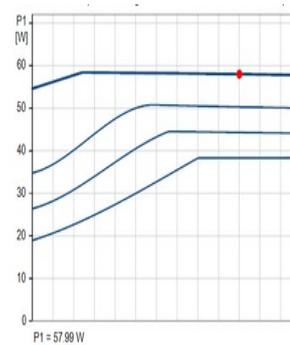
Point de fonctionnement

Point de fonctionnement:

Q
1 m³/h

H
8 m

H géométrique *

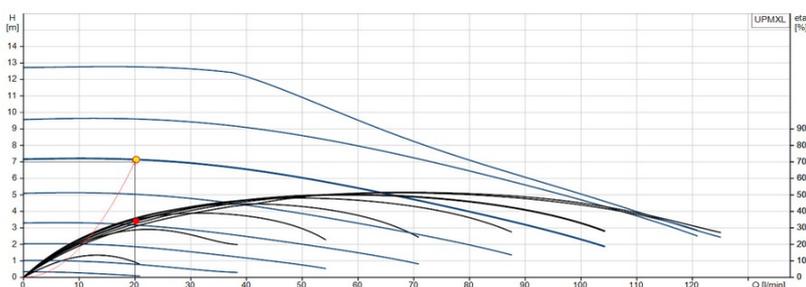


C2 : circulateur Plancher chauffant

Grundfos UPMXL GEO 25/125

Provient d'une pompe à chaleur DAIKIN (Leboncoin)

5 boucles à 4 litres/mn



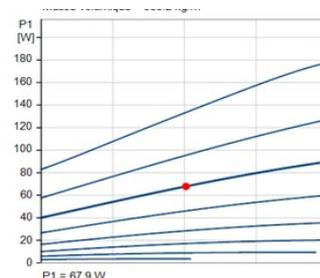
Point de fonctionnement

Point de fonctionnement:

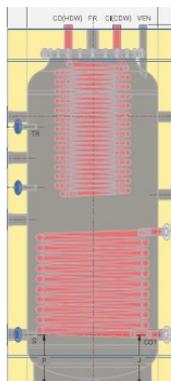
Q
20 l/min

H
7 m

H géométrique *



Ballon solaire BVCVE300 (Solaire Diffusion)



- volume : 271 litres
- 1 échangeur tube lisse
- 1 échangeur ECS instantané
- Surface échangeur : 1,25m²
- volume échangeur : 7,93 litres
- puissance échangeur:30,83 kW
- Surface échangeur ECS:3,11 m²
- Volume échangeur ECS:17,2 litres

M1 : Régulation thermique du circuit PC (mitigeur 40/60)

Le retour PC permet de réguler à la valeur réglée.

En fonctionnement habituel, je le règle à 60°, température rarement atteinte en période de chauffe.

J'ai installé les **vannes V1 et V2** pour tester à quelle hauteur du ballon il est préférable de prélever l'eau chaude pour le plancher. (pas encore validé)

Le ballon électrique peut être coupé quand l'ECS peut être assurée par le ballon solaire. (**vannes V3, V4 et V5**).

Sécurité surchauffe ballon

La régulation ouvre la vanne EV quand on atteint la température maximale autorisée pour le ballon. L'eau chaude s'évacue à l'égout et le ballon est refroidi par le serpentin ECS.

Régulation Sonnenkraft SKS C3 (proche de DELTASOL BX)

Achetée sur Leboncoin

Démarrage de C1 par comparaison des températures données par S1 et S3.

Démarrage de C2 par comparaison de S5 et S7.

La sonde S7 est incorporée dans la dalle, à environ 8cm de profondeur. Vu l'épaisseur de la dalle (28 cm), il y a une grande inertie . Il n'y a pas vraiment de régulation à ce niveau. C2 fonctionne si S5 est suffisante. Le risque de surchauffe est faible. La température maximale atteinte dans le plancher en saison de chauffe est de 30° en septembre.

VE1 : vase d'expansion du circuit primaire

Le volume total du circuit est de 30 litres. Le volume total des capteurs est de $0,86 \times 9 = 7,74$ soit environ 8 litres

Méthode décrite dans le livre APPER

Nous supposons que l'ensemble de l'installation, sauf les capteurs, atteint une température maximale de 80 °C, et que la température en stagnation des capteurs est au maximum de 150 °C.

Calcul du volume d'augmentation à la montée en température :

$V_{a1} = (\text{volume total} - \text{volume capteur}) \times \text{coef dilatation} \times \text{coef rectif eau glycolée}$

$V_{a1} = (30 - 8) \times 0,02899 \times 1,3 = 0,83 \text{ l}$

$V_{a2} = 2,8 \times 0,0905 \times 1,3 = 0,33 \text{ l}$

$V_a = 1,16 \text{ l}$

Calcul de la pression de sécurité:

Ps = pression de sécurité – 0,5 bar

PS = 5,5 bar

Pression au vase :

Pv = 2,5 bar

Volume du vase :

$V_v = ((V_s + V_a + (N_c \times V_c)) \times (P_s + 1))$

$/ (P_s - P_v)$

$V_v = ((2 + 1,16 + (9 \times 0,86)) \times (5,5 + 1)) / (5,5 - 2,5)$

$V_v = 23 \text{ litres}$ => le ballon de 35 litres installé convient.

Calcul de vase d'expansion pour installation solaire thermique		INES EDUCATION décline toute responsabilité quant à l'usage des résultats obtenus grâce à cet outil de calcul	
donnée à saisir	Nature du fluide caloporteur antigel	<input checked="" type="radio"/> Monopropylène glycol	<input type="radio"/> Ethylène glycol
résultats	Concentration en antigel	30	%
Attention, toutes les pressions indiquées sont des pressions relatives	Contenance spécifique des capteurs solaires	0,386	l/m ²
	Surface de capteurs solaires	20	m ²
	Longueur totale des tuyauteries (aller et retour)	28	m
	Diamètre intérieur des tuyaux	16	mm
	Volume de fluide dans l'échangeur	8	l
	Température maximale de circulation en fonctionnement	90	°C
	Température de remplissage	16	°C
	Altitude géodésique des capteurs solaires	2,5	m
	Pression minimale en haut du capteur	2	bar
	Pression d'ouverture de la soupape	6	bar
	Température de congélation du fluide antigel	-13	°C
Caractéristiques du vase d'expansion	Pression de gaz	2,3	bar
	Volume nominal	26	litres
	Volume initial de remplissage	3,2	l
	Pression initiale de remplissage	2,7	bar

Calculateur INES (http://ines.solaire.free.fr/vesth/Calcul_vase_d_expansion.htm)

Pression de gonflage

Cette pression doit être légèrement inférieure à la pression du circuit pour avoir en permanence quelques litres de liquide dans le vase.

Je gonfle à 2,5-0,3.

Pg = 2,2 bar

VE2 : vase d'expansion du circuit secondaire

Le volume utile du vase d'expansion doit être de 3 % du volume d'eau chaude (pour couvrir une chauffe jusqu'à 80°C), soit un volume nominal au moins double.

Calcul du volume d'augmentation à la montée en température :

$V_b = 271 \times 0,02899$

$V_b = 7,86 \text{ litres}$

$V_p = 53 \times 0,01698$

$V_p = 0,9 \text{ litres}$

$V_a = \text{volume augmentation ballon à } 80^\circ + \text{volume augmentation plancher à } 60^\circ$

$V_a = V_b + V_p$

$V_a = 8,76$

Volume nominal

$V_a \times 2$

Volume VE2 minimum voisin de **18 litres**

=> le ballon de 35 litres installé convient.

Pression de gonflage

Cette pression doit être légèrement inférieure à la pression du circuit pour avoir en permanence quelques litres de liquide dans le vase.

Je gonfle à 2-0,3.

Pg = 1,7 bar

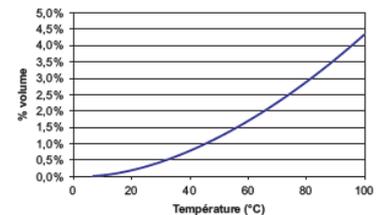
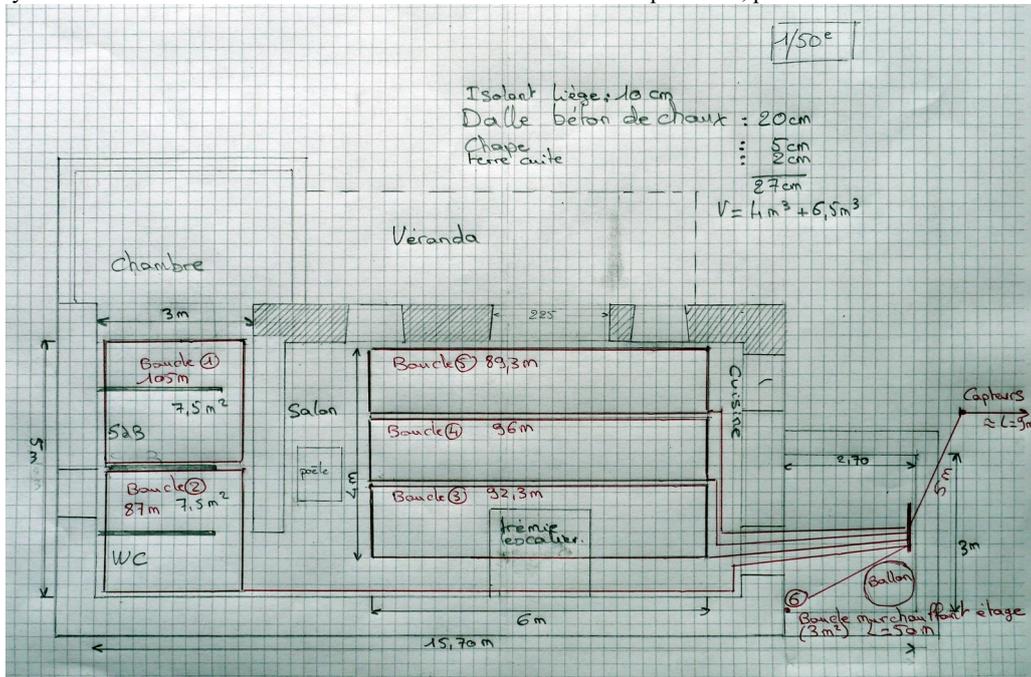


Figure 3.24
Coefficient de dilatation de l'eau



Plancher chauffant

5 boucles de tuyaux multicouches de diamètre 12/16 d'environ 100m chacune au pas de 10, posées sur une surface d'environ 40 m².



0



Longueur totale : 469 m, soit un volume de 53 litres.

Débit

lien vers un site donnant le débit nécessaire en fonction de longueur de boucle, du pas et de la puissance de chauffe au m².
<https://www.plancher-chauffant-caleosol.fr/posts/calcul-debit-boucles-plancher-chauffant>

Calcul du débit des boucles d'un plancher chauffant

Description	Longueur	Puissance	Tuyau / m ²	Débit
Boucle	Boucle (m)	w/m ²	(m)	L/minute
Salon	100	72	10	2,00

Calcul du débit des boucles d'un plancher chauffant

Description	Longueur	Puissance	Tuyau / m ²	Débit
Boucle	Boucle (m)	w/m ²	(m)	L/minute
Salon	100	144	10	4,00

Dans ma configuration, l'objectif est d'envoyer la chaleur du ballon vers la dalle avec le meilleur rendement global, sans se soucier d'une surchauffe éventuelle.

Assurer un débit élevé (4l/mn) tant que le soleil chauffe?

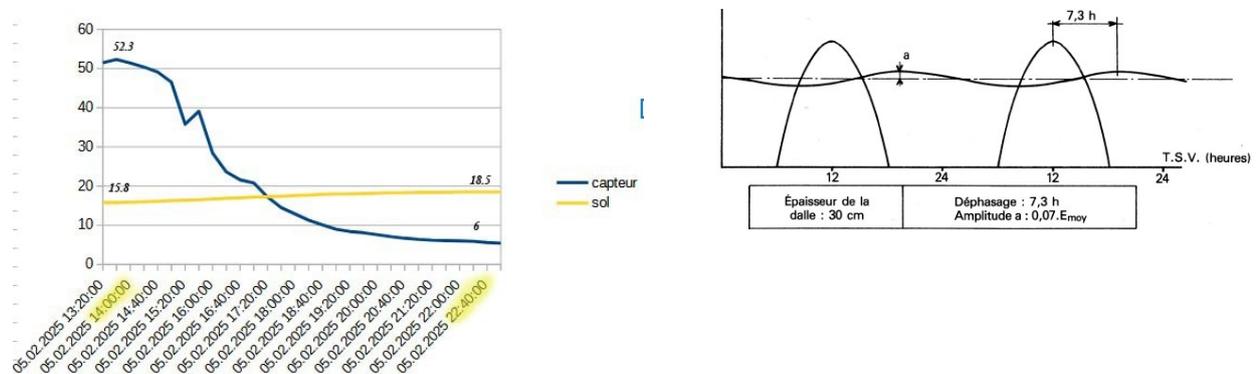
Prendre en compte la consommation électrique du circulateur ?

N'ayant pas d'information en temps réel sur la propagation de la chaleur (sonde à 20 cm au dessus des tuyaux), il serait peut-être efficace d'arrêter le circulateur vers 17 heures puis de le relancer vers 20 heures, le temps que la zone de contact avec les tuyaux refroidisse (meilleur transfert de chaleur) ?? (mon système de régulation permet la création de plages horaires)

Un contrôle de C2 par comparaison des températures aller et retour plancher ne serait-il pas plus judicieux pour optimiser le transfert thermique ??

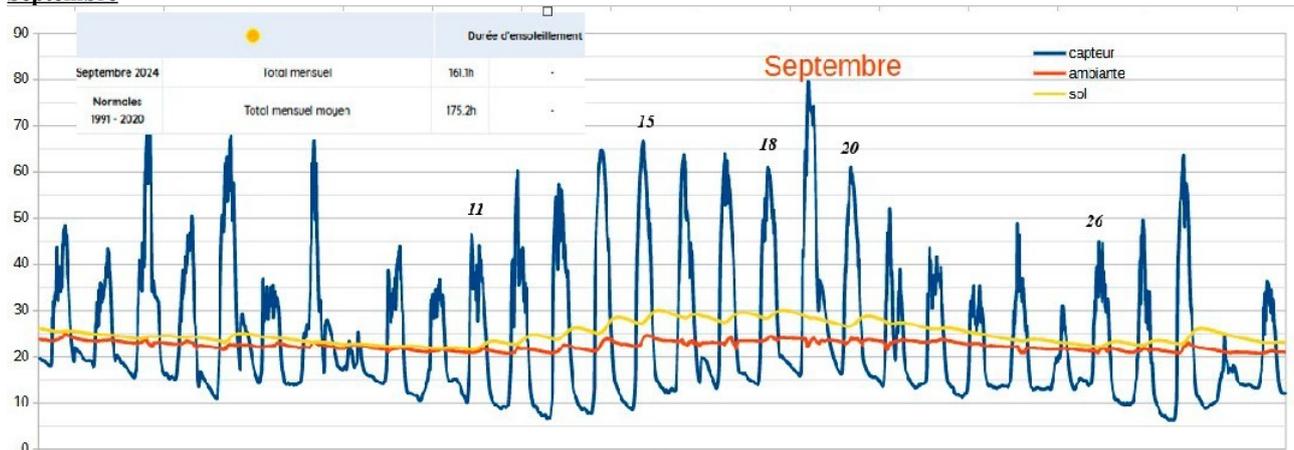
Déphasage

Le déphasage réel observé est proche de 8 heures, ce qui correspond à la théorie.



Nota : apport de 2,7° dans la dalle en cette journée de février, valeur proche de la valeur théorique (2,36) attendue. (voir chapitre Considérations énergétiques)

Mesures Septembre



Début des tests de chauffage le 11 Septembre. On arrive à 30° le 15 avec des journées de plein soleil. Entre le 15 et le 18 on reste autour de 30 malgré des journées de plein soleil.

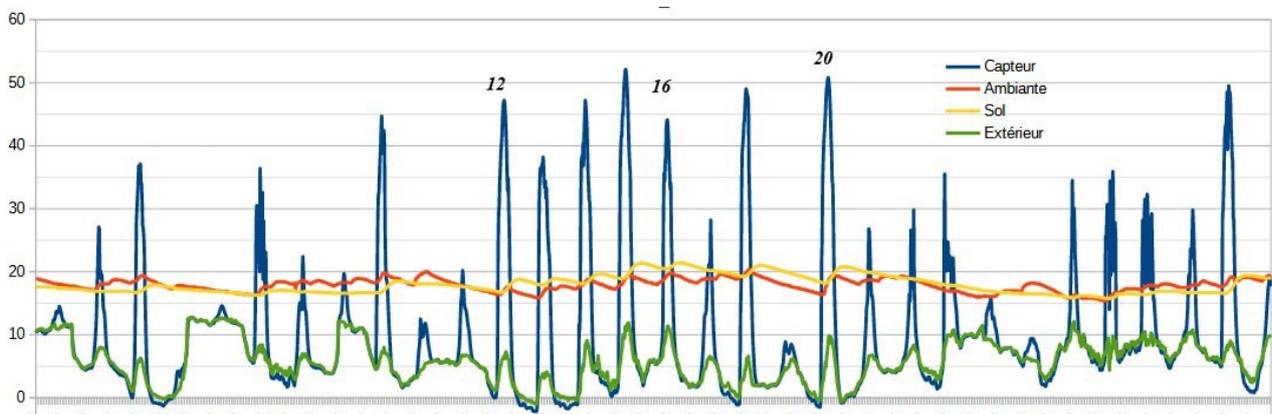
Entre le 16 et le 19, le transfert de chaleur au sol se fait difficilement. Le circulateur tourne presque 24h/24 avec une eau entre 40 et 60°.

Entre le 20 et le 26, avec très peu d'apport, la température du sol passe de 28,7 à 22°. (Pertes de 1,2° par 24h)



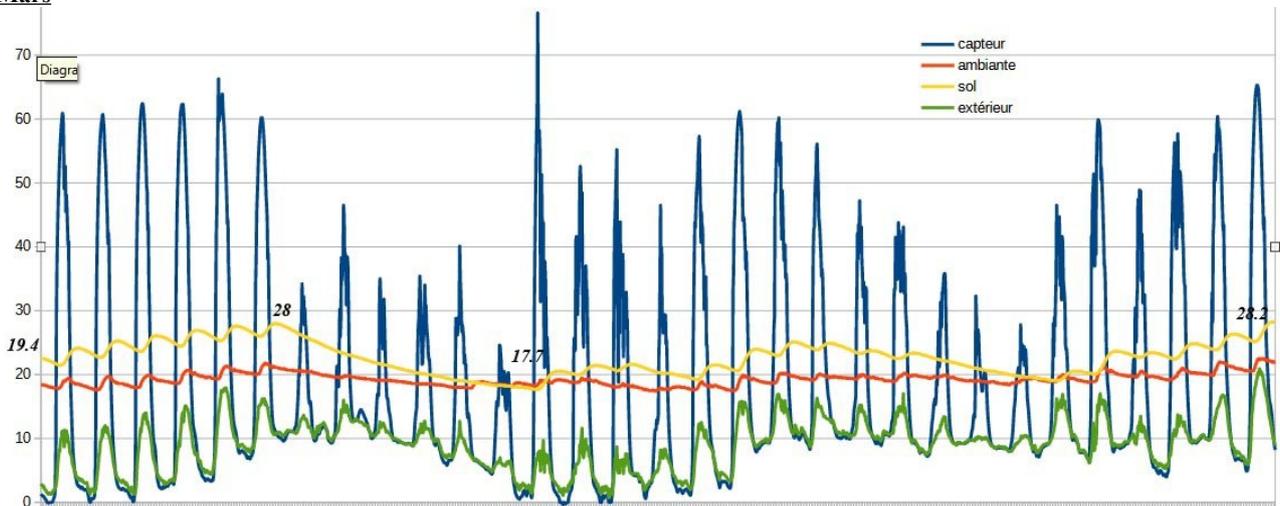
La conclusion est qu'il n'y a pas de risque de surchauffe du sol, peut-être un risque de surchauffe du ballon si on n'arrive pas à dissiper assez rapidement les calories dans le sol.

Janvier



A cette période le poêle à bois fonctionne en semaine, pas les samedi et dimanche. On observe par exemple la baisse de la température ambiante entre vendredi 10 17h et lundi 12, 9h30. La baisse est de $1,3^{\circ}/24h$, sans apport solaire durant cette période. Une partie des calories solaires est captée par le serpentin ECS (alimentation EF du ballon électrique)
 Avec 5 jours ensoleillés, du 12 au 16, le sol est aux environs de 20° .
 Une température ambiante entre 18 et 20° convient. Elle est bien répartie dans tous le volume, du sol au plafond.

Mars



Ce graphique montre la montée en température du sol après 7 jours ensoleillés et la descente après 6 jours avec très peu d'apport.

Montée	19,4	28	+8,6	+1,17°/j
Descente	28	17,7	-10,3	-1,56°/j

La valeur moyenne journalière en montée est inférieure à la valeur moyenne journalière en descente car elle inclut les pertes journalières, relativement fortes avec des températures nocturnes basses.

Exemple apport journalier brut :

04 mars +2,5° 18 mars +3,4° 27 mars +3,7°

Il faudrait aussi y ajouter la chaleur prise par le serpentin ECS.

Coûts de l'installation

Circuit Primaire

9 panneaux d'occasion	1170
bois support panneaux	431
Ballon 300l	1653
Groupe circulateur1/sécurité	550
Complément Solaire Diffusion	1420
Régulation	233
Pompe à épreuve	94
Pince à emboiture	89
Plomberie (Anjou Connectique)	693
Tuyau cuivre	166
Complément isolant tuyaux	15
Divers	100
Total1	6614

Circuit Secondaire (Plancher Chauffant)

Circulateur 2	90
Nourrices PC	216
Tuyau MC (600m)	700
Connecteurs	150
Total2	1156
Coût total	7770

Bilan chauffage hiver 2024/2025

Bilan provisoire au 31 mars :

Début de chauffage au bois le 13 Novembre.

5 dernières flambées début mars

Environ 120 flambées de 9 kg, soit environ 1000 kg de bois.

La maison n'ayant pas été chauffée les week-end , le nombre estimé de flambées nécessaires pour un chauffage en continu serait de 140 flambées, soit 5040 kWh

L'apport énergétique d'une tonne de bois est d'environ 4000 kWh.

Avec un rendement de 85 %, l'apport du chauffage au bois serait de : (5040x0,85)

E=4300 kWh

Avec l'apport solaire des baies vitrées en journée et du chauffage par le sol la nuit , on devrait garder des températures au dessus de 18°.

Problèmes/questions et évolutions envisagées

Bulles d'air dans le circuit secondaire

Bien qu'ayant purger plusieurs fois les boucles du plancher, quelques semaines après, j'entends un bruit important de bulles d'air au niveau du circulateur, surtout au démarrage, pendant plusieurs minutes. Je purge également régulièrement avec un purgeur manuel en haut du ballon. Il y a toujours beaucoup d'air. J'ai l'impression que c'est à chaque fois pire juste après cette purge.

Pour l'instant je ne purge plus à ce niveau. La pression reste stable à 2 bar à froid. Pensant que ça pouvait venir du vase, j'ai mis en place une vanne en amont du vase. Vanne fermée, ça n'a pas résolu le problème.

J'ai une micro fuite au niveau d'une soudure proche du circulateur. Est-ce que ça pourrait venir de là ?

A l'arrêt du circulateur j'entends une sorte d'aspiration au niveau du vase (bruit d'air).

Est-ce que à ce moment de l'air pourrait être aspiré par la micro fuite ?

Évolutions envisagées

- renforcement de l'isolation du ballon.
- Sécurisation de l'alimentation électrique par batterie
- L'équivalent de ma régulation coûte en neuf plus de 500€. J'envisage d'en réaliser une de rechange en Arduino. Mais je n'ai aucune expérience avec ce système. Du boulot pour maîtriser, aide bienvenue !!