

Compte rendu d'installation du chauffage solaire chez François Bommier

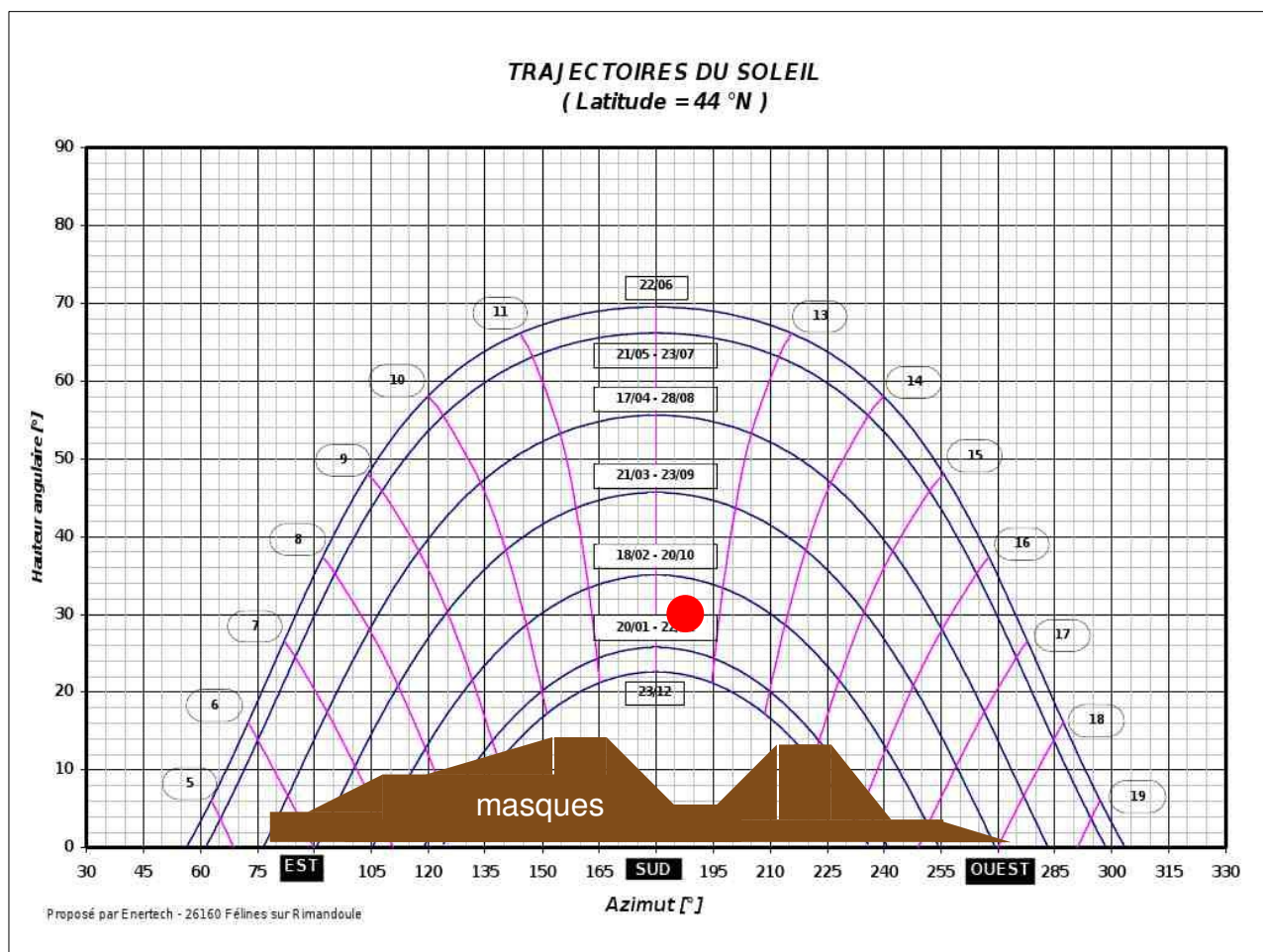


Cette installation a été faite dans le but d'économiser un maximum de gaz en utilisant l'énergie solaire.

Environnement

Au départ :

La maison est située près de Toulouse, latitude $43,6^\circ$, dans une vallée, sur le versant exposé au nord, ce qui n'est pas parfait et il y a, malgré tout quelques arbres qui, heureusement, ne sont pas trop proches. L'élévation de l'horizon est entre 13° et 14° , ce qui donne environ 6 heures d'éclairement les jours du milieu de l'hiver. Des masques moins hauts augmenteraient significativement l'efficacité du système car l'on constate que quand le soleil apparaît au dessus des arbres, même s'il n'est pas dans l'axe et après un petit délai de montée en température, le système capte une puissance calorifique significative (l'eau qui descend des capteurs est plus chaude que l'eau qui y monte). Sur le graphique ci-dessous, le point rouge indique l'orientation des capteurs.



La maison a environ 200m² habitables. Elle est chauffée par un chauffage à gaz, installé en « formule kit » en 1997. Il comprend 13 radiateurs en acier, un chaudière à haut rendement et un préparateur d'eau chaude séparé de 100 l, chauffé par la chaudière à gaz. En général, le chauffage est utilisé de mi-octobre à mi-avril, pour un besoin de 2000 °C.jour par an.

Les capteurs

16 capteurs du groupement d'achat APPER LM1240 peints soit 20m².

Ils sont fixés sur le toit à l'aide de cornières 40x40x2mm (6x6m) et de U 30x30x30x3mm (3x6m) d'aluminium. 20 crochets de toiture en inox



Pose d'un crochet de toiture



Crochet de toiture posé

permettent la liaison à la charpente à travers la couverture du toit pour supporter les capteurs.

2 autres sont posés pour des supports de tuyauterie. Les crochets sont réalisés à partir d'inox 6x60mm ce qui semble à l'usage largement dimensionné. Le tout est assemblé par 240 boulons de 6mm en inox.

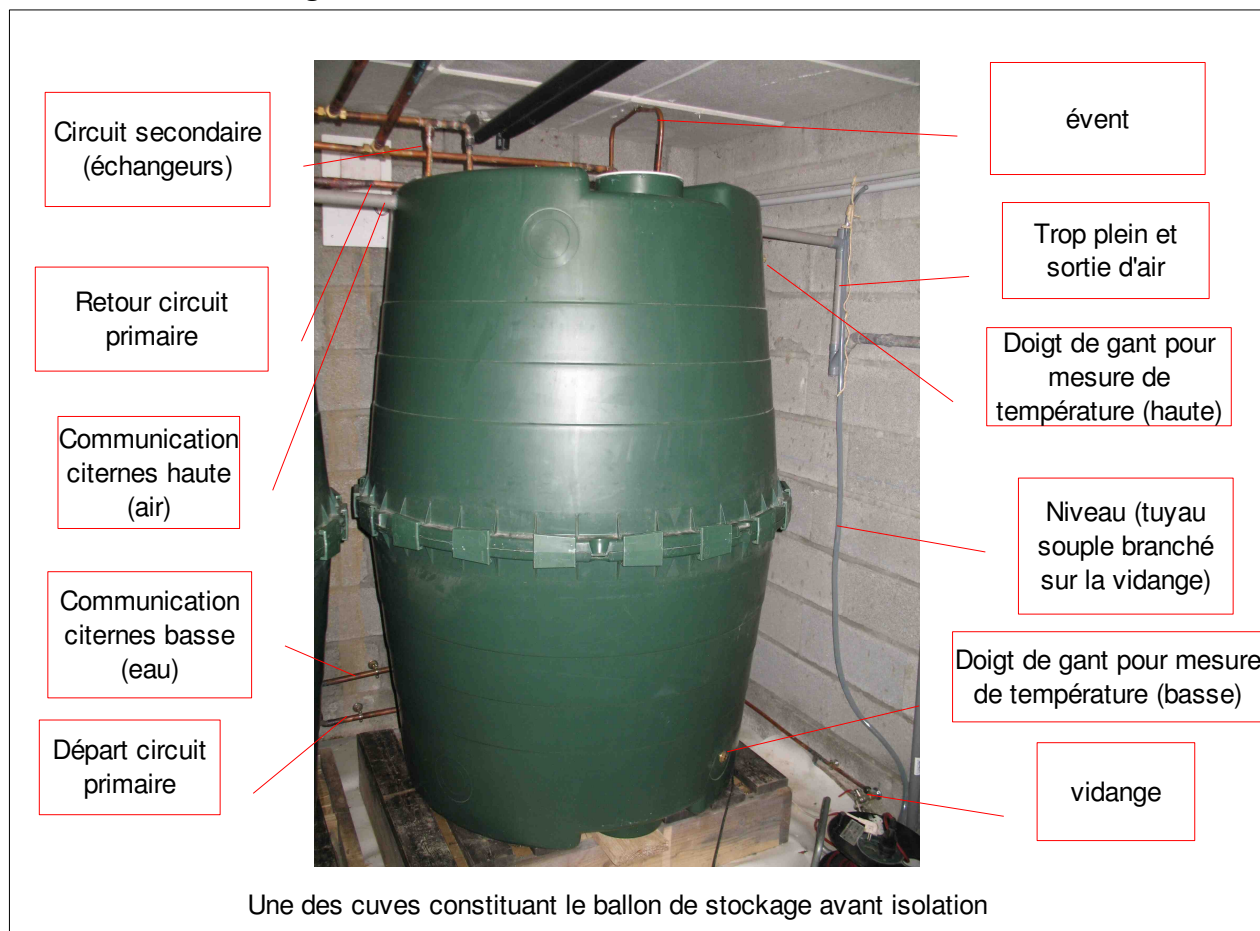
L'inclinaison des capteurs est de 59° par rapport à la verticale pour avoir une efficacité maximale en février.



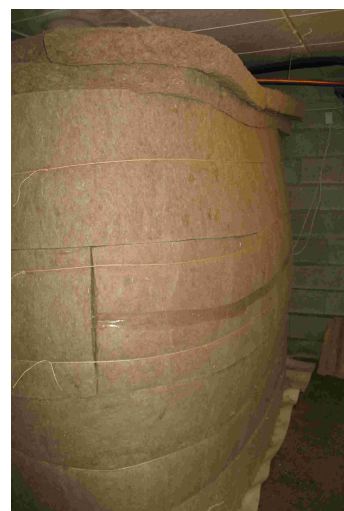
Les capteurs sur la toiture

Ils sont orientés presque au sud. La toiture est orientée légèrement vers l'est. Une orientation légèrement vers l'ouest permet d'avoir une pente de 5° des capteurs ce qui facilite la vidange. La pente est déterminée à partir de la géométrie de la couverture : décalage de la hauteur d'une tuile tous les 2,1 m. 2,1m étant l'espacement des supports. Avec cette orientation et compte tenu des masques dus à l'ombre des arbres le matin et le soir, on arrive à capter 45kWh par une belle journée de janvier. C'est à dire que la température du ballon de stockage s'est élevée de 15°C (mesure faite lors d'un essai sans utilisation de la chaleur pour chauffer la maison). On obtient environ 25 à 30 kWh fin juin.

Le ballon de stockage



Le ballon de stockage de chaleur composé de 2 citernes en polyéthylène de 1300 l chacune. Elles communiquent entre elles en haut et en bas, librement. Ces citernes sont démontables ce qui facilite l'introduction des échangeurs. Cela permet aussi de faire entrer les citernes dans mon sous-sol, elles sont conçues pour passer par une porte de 80 cm de large. A noter que des ballons de stockage du commerce auraient eu du mal à entrer car la porte est non seulement étroite mais de faible hauteur aussi. C'est une raison, en plus du prix, qui m'a poussé à construire le ballon de stockage. La géométrie du ballon de stockage, presque aussi large (1,15 m) que haut (1,6 m), ne permet pas la stratification des températures. Il y a rarement plus de 2°C entre le haut et le bas. Cela ne semble pas gênant pour une utilisation comme moyen de chauffage. Cela explique les performances modestes en production d'eau chaude sanitaire, mais comme le système est largement sur-dimensionné pour cet usage (20m² de capteurs), on obtient la quasi autonomie en eau chaude l'été (avril-octobre).



Le ballon de stockage est isolé par 20 cm de laine de verre en dessous, 20 cm de laine de chanvre sur les coté et au dessus. Un piètement de bois a permis de poser la laine de verre sous le ballon. La laine de chanvre est tenue par une simple ficelle. A l'usage, on constate une baisse de température hors utilisation de l'ordre de 1 °C/24 h en hiver (température moyenne vers 35 °C pour une utilisation en chauffage) ce qui est acceptable, mais de 4 °C/24h en été (température moyenne de 65 °C pour une utilisation eau-chaude) ce qui me paraît trop. En effet, c'est dommage de n'avoir que 3 ou 4 jours d'autonomie en eau chaude lorsqu'on a ballon de stockage de 2500 l. Le système dépense plus de chaleur en pertes qu'en production d'eau chaude. Il est probable que j'augmenterai l'isolation par la suite. L'expérience montre qu'entre la mi-avril et la mi-juillet 2011, date de



Une sortie et un doigt de gant

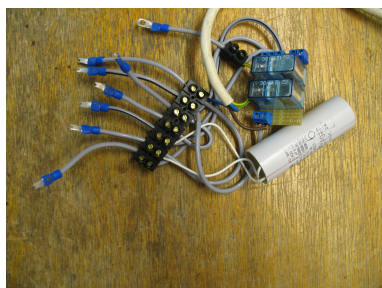
rédaction de cet article, le système a été autonome en eau chaude sanitaire à l'exception de 3 à 5 jours. A noter que les réglages des paramètres de la régulation jouent fortement sur ce recours à la chaudière à gaz.

Aucun orifice n'est prévu dans ces cuves, j'ai confectionné des sortie et des doigts de gant à partir de « bobines » filetées.

Le circuit primaire

Les capteurs sont alimentés par un circuit auto-vidangeable, dit circuit primaire, en cuivre de 20x22 isolés par un isolant « spécial solaire » de 19mm acheté en magasin pour professionnels. Il n'y qu'un seul point haut, les pentes sont partout supérieures à 1%. La vidange se fait en 2 minutes environ.

L'évent du circuit auto-vidangeable est placé à 15 cm au dessus de la surface de l'eau libre au repos, le sommet de l'évent est à 35 cm au dessus de cette surface (la surface libre est la surface de l'eau dans le ballon de stockage qui fait office de vase d'expansion). La sortie de l'évent est re-dirigée vers le haut d'une des citernes de façon à faire circuler l'air de la vidange aussi en circuit fermé. L'idée de cette circulation est de limiter l'évaporation. Cela semble efficace car contrairement à ce que j'ai lu sur le forum APPER



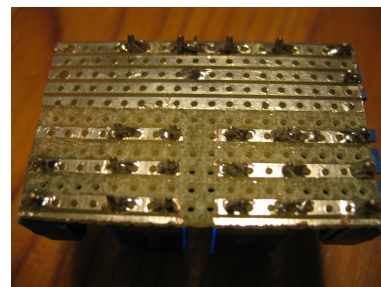
Commande marche et vitesse de la pompe primaire par des relais

pour d'autres installations, il y a très peu d'évaporation sur mon installation. En 6 mois de service, je n'ai jamais eu à rajouter d'eau.

Le débit dans le circuit primaire est d'environ 1000 l/h, calculé d'après les pertes de charges en fonction de la longueur des tuyaux, 37m, leur diamètre intérieur, 20 mm, et du nombre de coudes, 14 et des performances de la pompe. Avec ce débit, la hauteur d'eau calculée au niveau de l'évent est de 25cm par rapport à la

surface libre (2 m de tuyau et 3 coudes).

Le débit du circuit primaire est assuré par une pompe Grundfos UPS-25-120. Le choix de cette pompe répond à plusieurs critères. Les pompes Grundfos tolèrent une entrée à faible pression, même à 85°C : 0,5m d'eau seulement. Dans l'installation, la surface de l'eau libre est à 1,6m au-dessus de l'entrée de la pompe. Pour des pompes d'autres marques (étude non exhaustive), il faut parfois 3m ou 5m. Il faut donc faire attention à ne pas se tromper de modèle de pompe. Le point haut de l'installation est à 6,5m au-dessus de la surface de l'eau libre, il fallait donc une pompe pouvant monter l'eau à cette hauteur. La pompe UPS 25-120 est capable de 12m. La pompe UPS-25-80, capable de 8m, aurait convenu aussi, elle consomme très légèrement plus d'électricité. La pompe choisie, UPS 25-120, a trois vitesses, on commande la vitesse la plus élevée pour l'amorçage du circuit puis c'est la vitesse la plus lente qui assure la circulation par la suite avec un débit de 1000 l/h environ. L'amorçage dure environ 2 minutes. Elle consomme 120W en vitesse lente. Le boîtier de commande manuel est donc remplacé par un petit montage électrique permettant la commande des vitesses par un relais. Les relais ont été montés sur une plaque d'essais.



Connexion des relais pour la commande de la pompe primaire

Le circuit secondaire



2 serpentins échangeurs de chaleur dans une citerne

Un échangeur est immergé dans le ballon de stockage de façon à transmettre la chaleur au circuit de chauffage de la maison. Il est composé de 4 serpentins de cuivre 12x14 de 25 m de long chacun soit 4m² d'échange au total. Ils sont montés en parallèles, deux dans



Échangeur en cuivre (25 m)

chaque citerne. Les serpentins sont suspendus dans les citernes par du fil électrique. A noter que la surface de l'échangeur est dimensionnée par la puissance de chauffage de la maison et non pas par la taille du ballon de stockage. Le chauffage de la maison est dimensionné pour 18kW. Cette puissance n'est nécessaire que les jours de très grand froid (-10°C), assez rare dans notre région. Pour 90% du temps en hivers 1/3 de cette puissance suffit soit environ 6kW. Les jours de très grand froid sont généralement peu

ensoleillés dans notre région et c'est à la chaudière à gaz de chauffer la maison. Donc l'ensemble est dimensionné pour les jours moins froids. Il est difficile de prévoir l'efficacité d'un tel échangeur. Une observation des documents commerciaux des ballon de stockage du commerce montre que dans beaucoup de cas la performance est d'environ $1\text{kW/m}^2/^\circ\text{C}$. Ce n'est pas une loi universelle et elle est approximative. Avec 4m^2 d'échangeur et 6kW recherché, l'écart de température entre le ballon de stockage est la sortie de l'eau de chauffage serait d'environ $1,5^\circ\text{C}$ ce qui est très difficile à mesurer avec précision, mais c'est à peu près ce qui semble être atteint.

Pour réaliser les échangeurs, j'ai réalisé un gabarit en plantant des clous sur une planche le long d'un demi cercle. Le tuyau de cuivre recuit est suspendu au plafond par trois ficelles pour faciliter la manipulation.

2 vannes trois voies motorisées permettent de raccorder la « chaudière solaire » au chauffage existant. Une aurait suffi. Elles sont commandées simultanément.

La « chaudière à solaire » et la chaudière à gaz sont montées en parallèle et sont utilisées en alternance.

L'architecture du système permet à chacune des chaudière de participer soit au chauffage soit à la production d'eau chaude sanitaire. En pratique la

chaudière solaire n'est jamais assez chaude l'hiver pour participer à l'ECS. C'est une bonne chose, cela veut dire que la ballon de stockage reste à température modérée et l'efficacité des capteurs est optimum.



Réalisation d'un serpentin à l'aide d'un gabarit

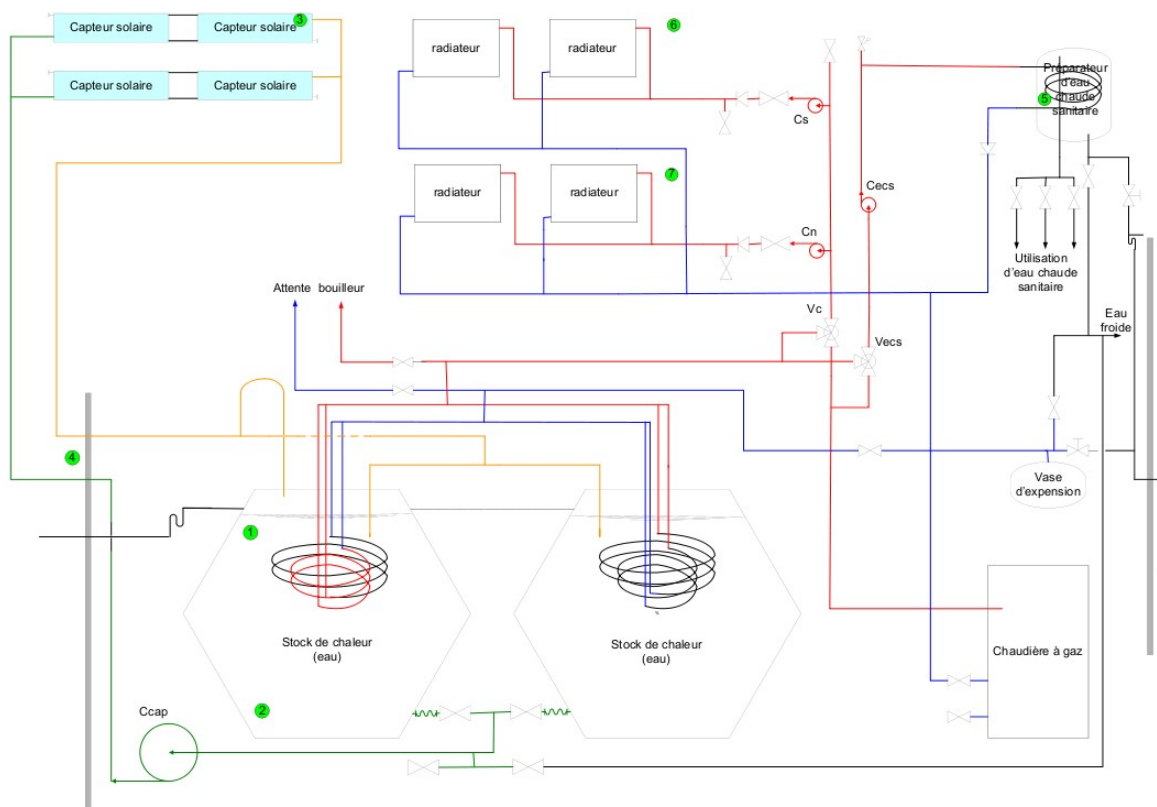


Ballon de stockage vu de dessus, avant isolation

Vue d'ensemble et contrôle

Le schéma suivant représente l'ensemble de l'installation. Le nombre de capteurs (16) et le nombre de radiateurs (13) ont été réduit pour une meilleure présentation. Les ronds verts numérotés représentent les mesures de températures. Une mesure ne figure pas sur

ce schéma : la température de la chaudière.



La consigne de chauffage de la maison est de 19/19,5°C (allumage/extinction), celle de la chaudière à gaz, 18/18,3°C. Lorsque la chaudière à gaz est arrêtée, c'est la chaudière solaire qui prend le relais, quelque soit sa température. Si la chaudière solaire est insuffisamment puissante, la chaudière à gaz se rallume un peu plus tard. La nuit, la consigne de la chaudière à gaz est diminuée, pas celle du chauffage de sorte qu'on est assuré de plusieurs heures de chauffage par la chaudière solaire chaque nuit. La constante de temps de la chaudière solaire lorsqu'elle est en fonctionnement sur les radiateurs est de 10h, c'est à dire que la différence de température entre le ballon de stockage et la maison baisse de 1/10 à chaque heure. De cette façon, bien qu'il faille en général une température d'entrée de radiateur d'environ 40 à 45°C, voir plus les jours froids, jusqu'à 70°C, la température du ballon de stockage reste généralement entre 30°C et 40°C, voir moins de 30°C certains jours. Cela permet d'optimiser l'efficacité des capteurs. Cet emploi en alternance des deux chaudières permet de faire fonctionner le chauffage solaire à basse température alors que l'installation n'est pas vraiment prévue pour cela.

L'ensemble est contrôlé par des contrôleurs électroniques réalisés en collaboration avec un ami. Les mesures de températures sont faites à partir de thermistances CTN, équipées chacune d'un petit amplificateur local. Les thermistances CTN ont l'avantage d'avoir une impédance élevée et donc, s'échauffent très peu. Elles sont aussi très bon marché. Mais elles ne peuvent supporter plus de 150°C ce qui est insuffisant pour la température du capteur solaire. La remplacer par une PT1000 serait la solution (à venir). Le signal est transmis via des câbles torsadé-blindés vendus pour les alarmes. Ces signaux de

températures sont traités par les contrôleurs pour commander 8 actionneurs : Pompe du circuit primaire Ccap et vitesse de cette pompe, marche des électrovannes Vc et Vecs et directions de celles-ci, 2 circulateurs de chauffage Cs et Cn (chauffage en 2 zones) le circulateur du chauffe-eau Cecs et la chaudière à gaz (connexion aux bornes prévues pour la thermostat d'ambiance). A noter que les contrôleurs remplacent aussi les thermostats du chauffage qu'il y avait auparavant. Il y a eu deux versions de contrôleurs, l'une analogique, l'autre numérique. Les contrôleurs fonctionnent bien, ils ne sont pas chers, mais méritent encore un peu de mise au point pour pouvoir être publiés.

Performances

Enfin j'ai cherché à évaluer les performances de l'installation. Pour cela j'ai élaboré un petit modèle me permettant d'évaluer le « besoin en chauffage » à partir de relevés de la température extérieure min et max quotidiens. Ce modèle fait l'objet d'un autre article. Il me permet d'estimer l'économie réalisée à environ 5000 kWh par an. Autre point positif, nous nous permettons de chauffer un peu plus longtemps en avril, c'est bon pour le confort. Le sous-sol qui était souvent humide l'été (condensation de l'air dans un endroit froid) l'est beaucoup moins à présent, probablement à cause des déperditions du ballon de stockage. Le coût de la réalisation est de 7700€.

Détail des coûts

Poste	Coût (€)
Capteurs LM1240 peints et raccords	4000
Ballon de stockage : citernes, échangeurs et isolation	1120
Pompe et électrovannes	577
Plomberie : tuyaux, raccord, vannes	1030
Isolation des tuyaux	469
Électronique et câbles (une partie seulement)	208
Supports sur toiture (crochet et boulonnerie offerts)	282
Total	7686

Les regrets, ou, ce qui pourrait-être amélioré

1. Je n'ai pas mis d'échangeur de préchauffage de l'eau chaude sanitaire dans le ballon de stockage. En effet, le préparateur d'eau chaude sanitaire chauffe bien l'eau. Mais celui-ci ne contient que 100 l. Certains habitants de la maison arrivent à le vider en une seule douche. Il se retrouve donc rempli d'eau froide, ce que le système ne doit pas interpréter comme une performance insuffisante de la chaudière solaire. Du coup le réglage de la commande de chauffage de l'ECS a été un peu « pointu », pour éviter que le système allume la chaudière à gaz dès que quelqu'un prend une douche un peu longue. Alimenter ce préparateur d'ECS par un préchauffage dans le ballon éviterait une partie du problème. Autre avantage, le système participerait à la production d'eau chaude l'hiver aussi.

2. Sur la vue d'ensemble, on voit les connexions en attente pour un poêle bouilleur. Cette façon de connecter un poêle bouilleur ne me semble plus convenable. Une autre version est à l'étude car le poêle bouilleur arrive bientôt.
3. Isolation du ballon de stockage semble insuffisante, je pense que je vais rajouter 10 cm d'épaisseur de laine. Le but est que la température se stabilise à une valeur un peu plus élevée en été pour avoir plus d'autonomie en eau chaude. La température moyenne est de 60°C l'été. En effet, en été il y a plus de chaleur qui part en perte qu'en production d'eau chaude. En augmentant l'isolation, je ne pense pas diminuer les pertes (il faut bien que la chaleur parte quelque part) mais augmenter la température du ballon pour les mêmes pertes. Le but est d'avoir plus de jours d'autonomie.