Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique

Application à la problématique des capteurs en façade

Les images de capteurs solaires ont toujours du soleil. Pourtant Forel est un endroit à brouillard. Cela ne rend que plus pertinents les résultats.

Pascal Cretton, Michel Carron, Sebasol, www.sebasol.ch, info@sebasol.ch, 021 311 37 42

Image : bâtiment Marmy http://www.sebasol.info/realisations.aspx?id=1445&r=

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

SEBASOL

Additionnel

Introduction

Ce travail traite d'un projet solaire thermique & bois auquel nous a associé le bureau Lutz, et réalisé en collaboration étroite avec Michel Carron, installateur agréé Sebasol à Rhyner Energie Sarl, et son équipe. Il s'agit de l'installation ECS et chauffage de Marmy Sara et Emmanuel http://www.sebasol.info/realisations.aspx?id=1445&r=, équipée de 13.5m^2 nets en façade, d'un chauffage au sol optimisé et d'un poêle à bûches hydraulique de haut rendement.

Le travail se concentre sur un aspect peu courant du couplage du solaire thermique et bois : les capteurs en façade. Sont explorés les dés/avantages et sur/coûts par rapport à la pose en toiture, les exigences et subtilités techniques, et les perspectives futures en matière de travail à haute valeur ajoutée exécutable par des praticiens aguerris.

Les résultats sont basés sur une comptabilité précise des coûts et heures de travail par M. Carron. Ils sont donc chiffrés et concrets. C'est peut-être inhabituel pour une ERFA, où souvent les intervenants font de la rétention d'information de ce type, de peur de travailler pour leurs concurrents. Ce n'est pas l'attitude à Sebasol. Les solutions proposées ne peuvent de toute façon être mises en œuvre que par des professionnels qualifiés. A notre époque, dans le solaire thermique et le bois, nous n'y sommes plus trop nombreux.

Les résultats fournis le 03.11.2020 sont ici complétés, commentés et étendus, du fait qu'il n'a de loin pas été possible de tout dire à ce moment. Un encadré « ajouté » en rouge en haut à droite signale des pages additionnelles. Cela compensera peut-être un peu pour le handicap supplémentaire d'une ERFA condamnée au mode numérique.

Il y a aussi à présent des annexes qui valent leur pesant d'heures d'ingénieur SIA gagnées pour qui veut œuvrer dans le domaine. Ainsi une comparaison avec un système centralisé (CaD) démolit un certain nombre de mantras officiels.

En espérant cela utile. Et vive le mariage du solaire thermique et du bois bien conçu.

Pascal Cretton, Sebasol, 11.01.2021

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

SEBASOL

Résumé / conclusion

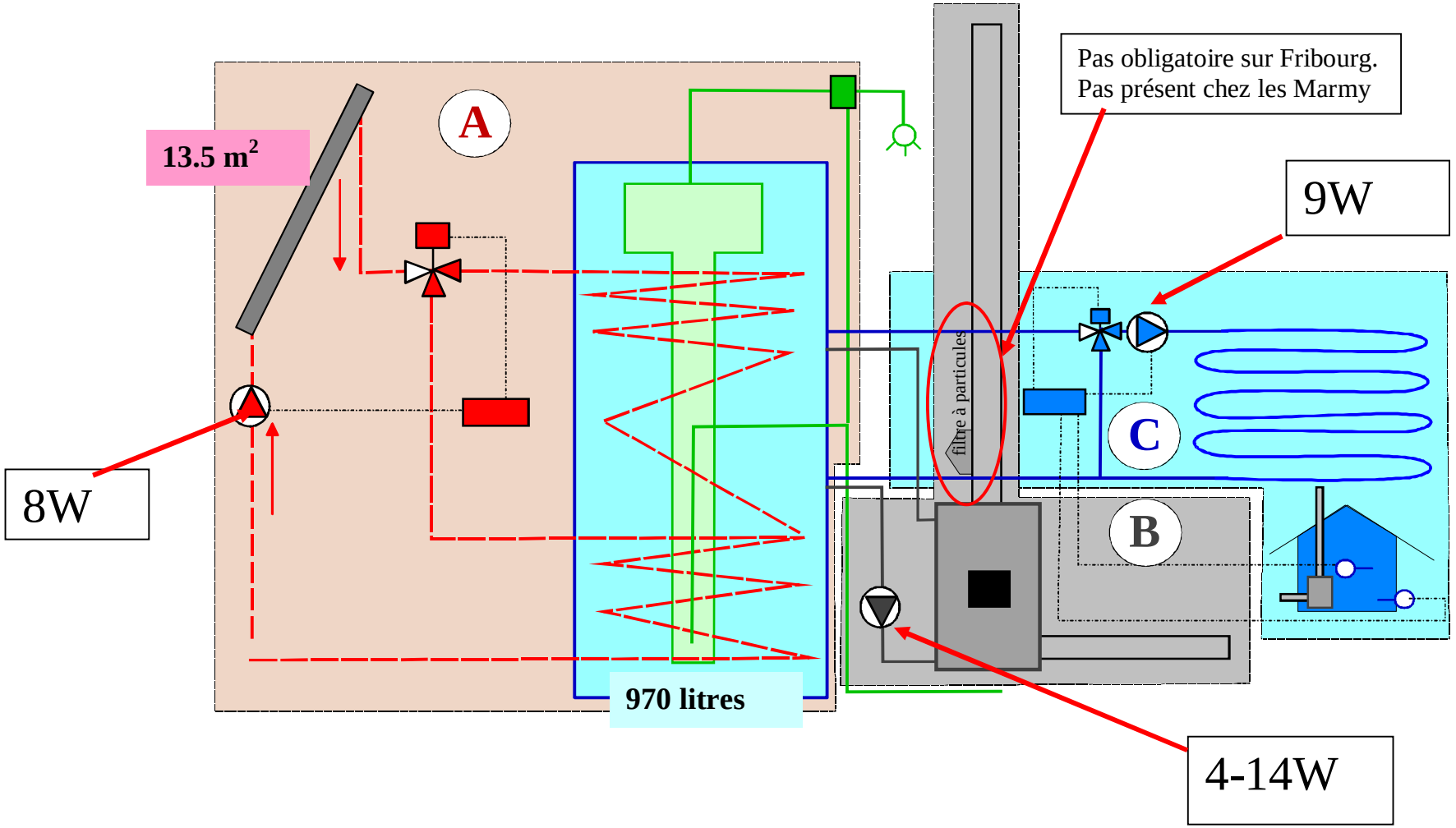
- Le solaire thermique et le bois low-tech et décentralisés font un mariage parfait
- Les configurations techniques sont robustes, durables, bon marché, compréhensibles par l'usager
- Les configurations techniques garantissent du travail local à haute valeur ajoutée à des professionnels qualifiés.

- Les capteurs solaires thermiques en façade sont intéressants en termes de report de la production vers l'hiver, et de report de la production de l'ECS vers le chauffage.
- Ils permettent des volumes de stockage solaire plus faibles pour plus de m^2 de surface, ce qui compense la production moindre au m^2 tout en la transférant d'avantage vers la mauvaise saison où elle est utile.
- Ils permettent alors aussi, en conjonction avec la performance du bâtiment et l'intelligence de l'usager dans l'usage du bois, et sans domotique particulière, de couvrir les besoins d'avantage que les simulations le prédisent.
- Les configurations techniques permettent dans l'habitat performant/rénové de consommer moins que le quota de 0.4 stères/an personne de feuillu équivalent qui est l'exploitation soutenable actuelle de bois de feu en Suisse.
- Les configurations techniques consomment une quantité d'électricité si faible qu'elles permettent, couplées à des mesures d'économies raisonnables, d'envisager l'autonomie électrique réelle, même l'hiver.
- La conjonction du solaire thermique avec un filtre à particules sur l'appoint bois permet des réductions de leur production de l'ordre de 95% en moyenne annuelle dans du bâtiment individuel performant/ rénové, ainsi qu'un impact à la personne qui tient sans mal la comparaison avec de l'habitat non performant sur un CaD à bois muni d'un filtre à particules.

- L'intégration complète des capteurs à façon dans les façades, avec donc encadrement des ouvertures, est à présent possible pour un surcoût accessible. Ce surcoût est de l'ordre de 150-250.-/m^2 après moins-values et/ou subventions, travail compris.
- Suivant les subventions et situations, le surcoût sur le kWh solaire thermique produit n'est que de l'ordre de quelques centimes.
- La diminution des consommations bois grâce au solaire thermique et au HOPF permet de placer des systèmes d'appoint bois low-tech d'une fraction du coût de systèmes high-tech, qui alors compensent le coût du solaire thermique en facture globale.

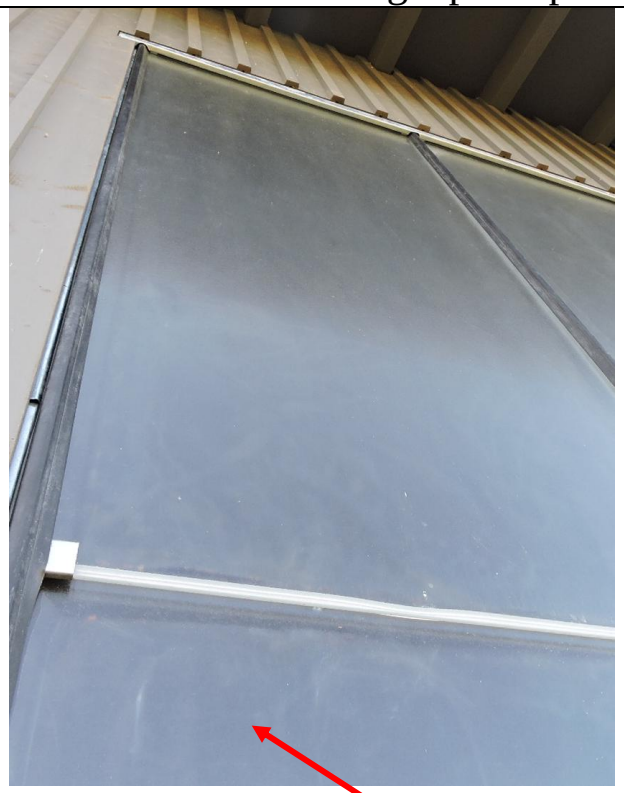
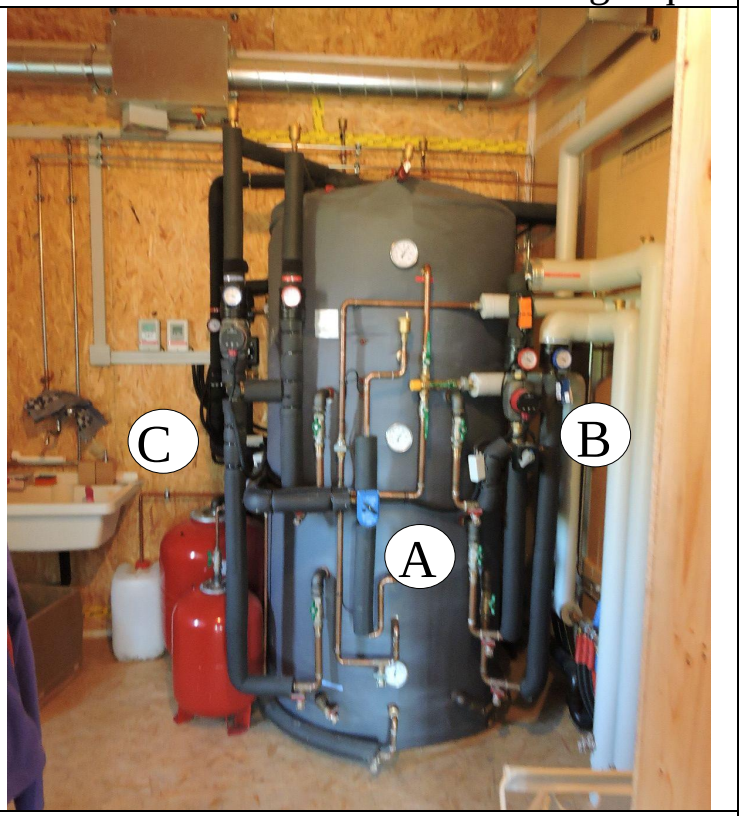
© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Marmy, configuration technique



© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Les éléments

Le solaire– Flux –Energie principale.	Le bois – Stock- Energie d'appoint	L'accumulateur – La centrale énergétique
		

~75% de rendement dans le domaine des températures de départ/retour chauffage (= 35/25 ou 28/22) pour du Minergie-P.

86% de rendement cf annexes. Pertes de distribution ~ 0 car dans l'espace chauffé + brûle du bois à 15% d'humidité en moyenne. Pour info : perte de distribution d'un chauffage à distance (CaD): entre 5% (extrêmement dense) à 25% (étendu). Et brûle de la plaquette verte à 50% d'humidité en général => 10% de perte d'énergie supplémentaire au volume. Quelques conséquences en page 15-17

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

SEBASOL

Objectif : un système ECS et chauffage écologiquement soutenable et local

Donnée fondamentale

Exploitation actuelle de bois de feu en Suisse / population

~ 800 kWh /an personne
~ 0.4 stères d'équivalent feuillu / an personne

Sans granulés de bois importés
Sans bois de récupération

EST-CE POSSIBLE ?

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Ajouté

Objectif : de la relocalisation économique et du travail local à valeur ajoutée

Qu'est-ce qui rend heureux un installateur ?

- Ne pas dépendre d'intermédiaires qui ne servent à rien.
- A prix et cahier des charges égal, maximiser ses heures de travail sur l'achat de matériel
- Diminuer le ratio des charges fixes et déplacements vs les heures de travail sur place.
- Diminuer le ratio des imprévus potentiels vs les heures de travail sur place
- Avoir le temps pour des mesures, observer le comportement, réparer ses erreurs, en cours de réalisation.
- Etre disponible pour répondre aux questions légitimes du client, dito
- Etre disponible pour adapter l'installation pour un prix compétitif, dito
- Etre disponible pour offrir dans la foulée des services additionnels à un prix compétitif, dito
- Bénéficier d'un réseau large d'aides et de conseil ponctuels de la part d'égaux.
- Ne pas avoir à stresser, faire des journées normales.
- Gagner sa vie à ne pas travailler avec les gens avec qui il ne faut pas travailler si on veut gagner sa vie.

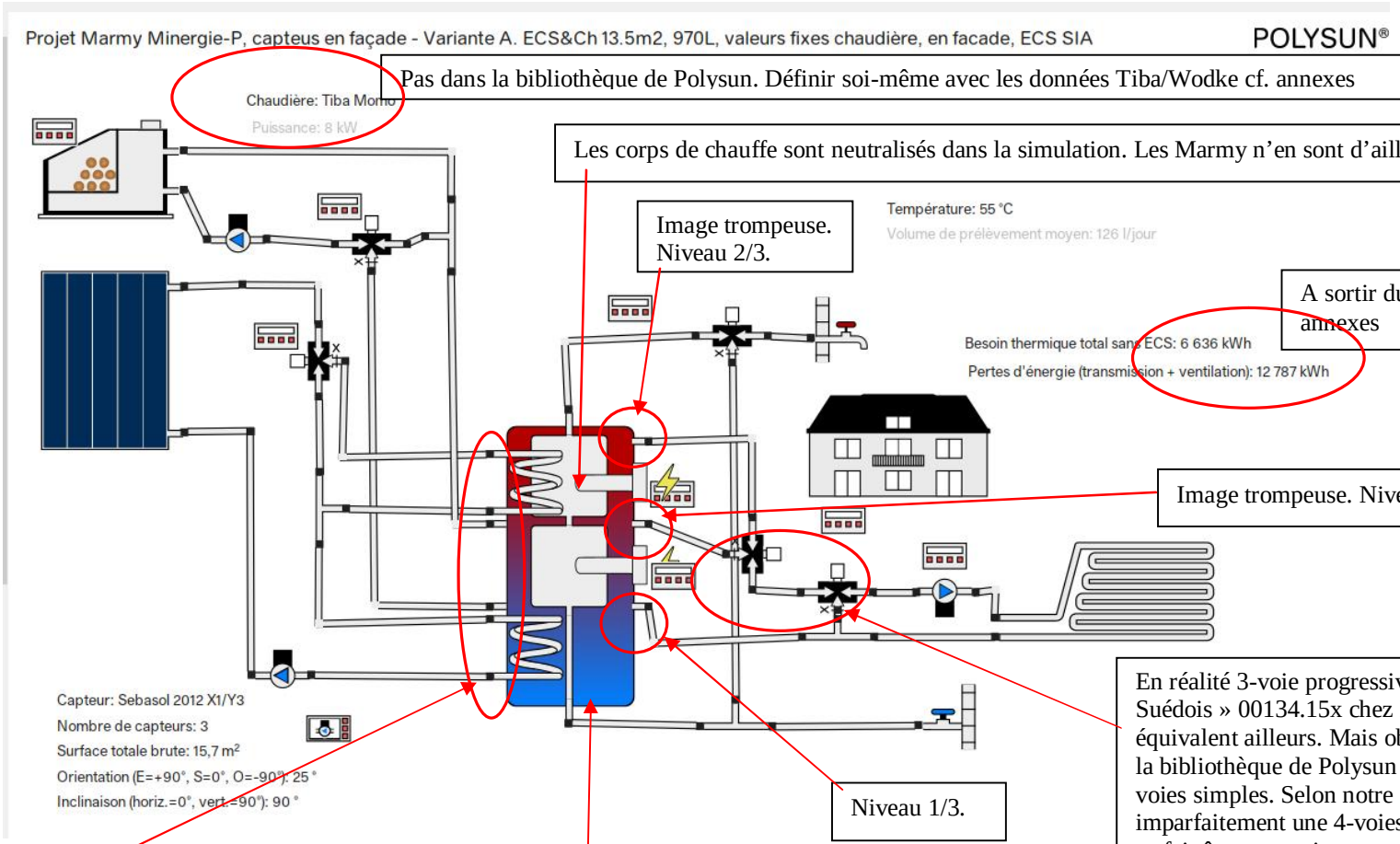
Le solaire thermique low-tech et le bois décentralisé, vu leur fort ratio d'heures de travail sur place, sont taillés pour cette tâche. L'intégration Marmy montre qu'on est loin du « bricolage » encore trop souvent cité quand on parle de low-tech. Ces low-techs sont homologuées et devenues aussi performantes que le high-tech, avec plus de travail local et beaucoup moins d'impacts sociétaux, écologiques, d'externalisation sur l'étranger.

Si intérêt http://www.sebasol.ch/la-formation-installateur/ et http://www.sebasol.info/membres.asp?membre=apprentis pour la formation professionnelle, http://www.sebasol.ch/le-cles-en-main/ et http://www.sebasol.ch/lautoconstruction/ pour vos projets

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Simulation

Image informative. Donne à un utilisateur Polysun des informations sur le chablon (template) de base à utiliser pour simuler une installation solaire thermique ECS& appoint chauffage en stratification 2 niveaux avec priorité à la production ECS en haut de cuve, et piquage bas de la température dans la cuve pour maximiser l'injection de l'énergie solaire dans le chauffage. Le template peut être trouvé dans la bibliothèque de Polysun. Ensuite il faut être soigneux pour introduire l'accumulateur (l'image n'est pas toujours fidèle à la réalité d'où les remarques, mais l'accumulateur peut être défini dans le programme..



Pas dans la bibliothèque de Polysun. Définir soi-même avec les données Tiba/Wodke cf. annexes

Les corps de chauffe sont neutralisés dans la simulation. Les Marmy n'en sont d'ailleurs pas équipés.

Image trompeuse. Niveau 2/3.

A sortir du SIA 380/1 cf annexes

Image trompeuse. Niveau 40%.

Niveau 1/3.

En réalité 3-voie progressive de type « mélangeur Suédois » 00134.15x chez Meiertobler ou équivalent ailleurs. Mais objet pas disponible dans la bibliothèque de Polysun et simulé ici via 2 3-voies simples. Selon notre expérience, simule imparfaitement une 4-voies progressive et peut de ce fait être en partie responsable du pessimisme du résultat théorique vs les mesures. Mais il n'y a pas d'autre choix à priori (suggestions bienvenues !). Image en outre trompeuse : niveau 40% sinon ca ne sert à rien.

Image trompeuse. Piquages aux niveaux définis par Jenni energietechnick pour le modèle utilisé. Ici JFM79C36 standard

Jenni energietechnick JFM70C36. Si pas dans la bibliothèque de Polysun, définir soi-même avec le schéma détaillé de l'accumulateur fourni pour chaque accumulateur, même standard, par Jenni.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Leçon numéro 1 : ignorer le formulaire Minergie !

N7	***Production de chaleur A***			Entrée	Valeur calculée	Chauffage	Eau chaude
N8	**Capteurs solaires thermiques, chauffage et eau chaude**				1.00	32.0	40.0
N9	Surface d'absorbeur [m2]		13.5			*32.0*	*40.0*
N10	Apport net par m2 d'absorbeur [kWh/m2]	230.1					

Formulaire Minergie – Projet Marmy

Marmy, 13.5m2	**Minergie**	**Polysun, pente 60°**	**Polysun, pente 20°**
Besoins totaux [kWh/an]	9036	9036	9036
SFn solaire ECS [-]	40%	67%	64%
SFn solaire CH [-]	32%	33%	27%
SFn solaire, global	34%	49%	45%
Prod solaire [kWh/m2]	3106	5608	5200
Prod solaire [kWh/m2 an]	230	415	385
Conso Bois [kWh/ an]	9824	7849	8559
En stère feuillu	4,9	3,9	4,3
Quota	pas atteint	pas atteint	pas atteint

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Leçon numéro 2 : la façade c'est péjorant

Marmy, 13.5m2	Minergie	Polysun, façade	Polysun, pente 60°	Polysun, pente 20°
Besoins totaux [kWh/an]	9036	9036	9036	9036
SFn solaire ECS [-]	40%	49%	67%	64%
SFn solaire CH [-]	32%	26%	33%	27%
SFn solaire, global	34%	36%	49%	45%
Prod solaire [kWh/m2]	3106	3884	5608	5200
Prod solaire [kWh/m2 an]	230	288	415	385
Conso Bois [kWh/ an]	9824	9559	7849	8559
En stère feuillu	4,9	4,8	3,9	4,3
Quota	pas atteint	pas atteint	pas atteint	pas atteint

- 31%

- 25%

Du moins, en théorie / dans les simulations

Mais dans la réalité cela n'est très souvent pas vrai

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Leçon numéro 3 : la façade c'est bon pour le chauffage

Marmy, 13.5m2	Minergie	Polysun, façade	Polysun, pente 60°	Polysun, façade, ECS SIA/2	Polysun, pente 60°, ECS SIA/2
Besoins totaux [kWh/an]	9036	9036	9036	7836	7836
SFn solaire ECS [-]	40%	49%	67%	61%	70%
SFn solaire CH [-]	32%	26%	33%	31%	38%
SFn solaire, global	34%	36%	- 31% 49%	41%	- 27% 52%
Prod solaire [kWh/m2]	3106	3884	5608	3878	5305
Prod solaire [kWh/m2 an]	230	288	415	287	393
Conso Bois [kWh/ an]	9824	9559	7849	7705	6600
En stère feuillu	4,9	4,8	3,9	7705,0	3,3
Quota	pas atteint	pas atteint	pas atteint	pas atteint	pas atteint

Production identique et pourtant besoins ECS divisés par 2
< = > transfert vers le chauffage basse température

Diminuer les besoins ECS <=> transfert vers le chauffage basse température
< = > plus grande efficacité du solaire en façade
< = > diminution de la péjoration

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Leçon numéro 4 : dans le bâtiment performant, la réalité dépasse presque toujours la simulation

Rappel : Polysun, Marmy, façade, production : 3’884 kWh / an. Ici mesurés, 4’360, auquels il faut enlever 46.8 kWh de refroidissement => 4'313.20 kWh/an =>+11% sur Polysun

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Résultats – Façade – Ecart Simulation - Mesure

Témoignage Marmy Emmanuel

1. au 05.01.21 : « Sur les 2 mois passé (= novembre et décembre), il y a 12 jours où nous n'avons pas eu besoin de chauffer, ce qui nous fait 49 jours de feux à 6.5 kg de bois + 26 feux additionnels de 6.5 kg (1 feux le matin et 1 le soir quand il faisait moins de 5 degrés) ce qui nous fait 487.5 Kg de bois (mélange à 85% de sapin /pin (daille) /vielles planches[1] et 15% fruitier (cerisier /prunier)[2] => 1575+307 = 1'882 kWh
2. au 01.11.20 : « Nous brulons du sapin, nous avons fait le dernier feu le 10 mars, avant nous faisions en moyenne 1 feu tous les 2 jours » = > 70 jours chauffe <=> 35 feux à 6.5 kgs => 227.5 kgs à 85% à 3.8 kWh/kg et 15% à 4.2 kWh/kg < = > 878 kWh

=> total 2'760 kWh /an (il s'agit d'une consommation finale, pas d'un besoin)

Marmy, 13.5m2	**Minergie**	**Polysun**	**Mesure**	
Besoins totaux ECS & chauffage [kWh/an]	9036	9036	6695	← Indicatif (on ne peut mesurer les besoins): 4313+2760*$\eta_{poêle}$
SFn solaire ECS [-]	40%	49%		
SFn solaire CH [-]	32%	26%		
SFn solaire, global	34%	36%	64%	← 4313/(4313+2760*$\eta_{poêle}$)
Prod solaire [kWh/m2]	3106	3884	4313	← Mesuré (compteur de chaleur et comptage de bois)
Prod solaire [kWh/m2 an]	230	288	319	
Conso Bois [kWh/ an]	9824	9559	2760	
En stère feuillu	*4,9*	4,8	1,38	
Quota	pas atteint	pas atteint	atteint	← 1.38 st./4 pers. an => < 0.4 stère/pers an => atteint

- Faut-il croire Polysun ou le formulaire Minergie ? Cet écart de simulation aux mesures a été observé sur des dizaines de projets Sebasol. La différence de production solaire étant de +11%, elle tient d'abord à d'autres facteurs (cf page suivante).
- Critère de soutenabilité (0.4 stères/pers. an) atteint ? oui. De relocalisation et de valeur du travail atteints ? oui. Avec des capteurs en toiture ? Non. Avec des capteurs en façade. Avec des surfaces géantes comme pour le photovoltaïque ? Non. Avec 13.5m^2 nets.

[1] Considérés à 3.8 kWh/kg
[2] Considérés à 4.2 kWh/kg

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Causes de la différence ?

(La différence : ~ 6'500 kWh de besoins couverts à ~65% par le solaire vs ~9'000 couverts à ~35% en théorie… dans du Minergie-P !!!)

1. Bâtiment meilleur que simulé SIA 380/1
2. Taux de renouvellement d'air plus bas que simulé SIA 380/1
3. COMPORTEMENT : T de consigne plus bas que SIA 380/1
4. COMPORTEMENT : conso ECS plus basse que SIA 380/1
5. COMPORTEMENT : HOPF avec le poêle vs le solaire thermique

Comportements différenciés des occupants vs la météo. Exigences différenciées par rapport au températures dans les pièces. Stratégies HOPF pour optimiser l'usage du solaire thermique et minimiser les feux etc.

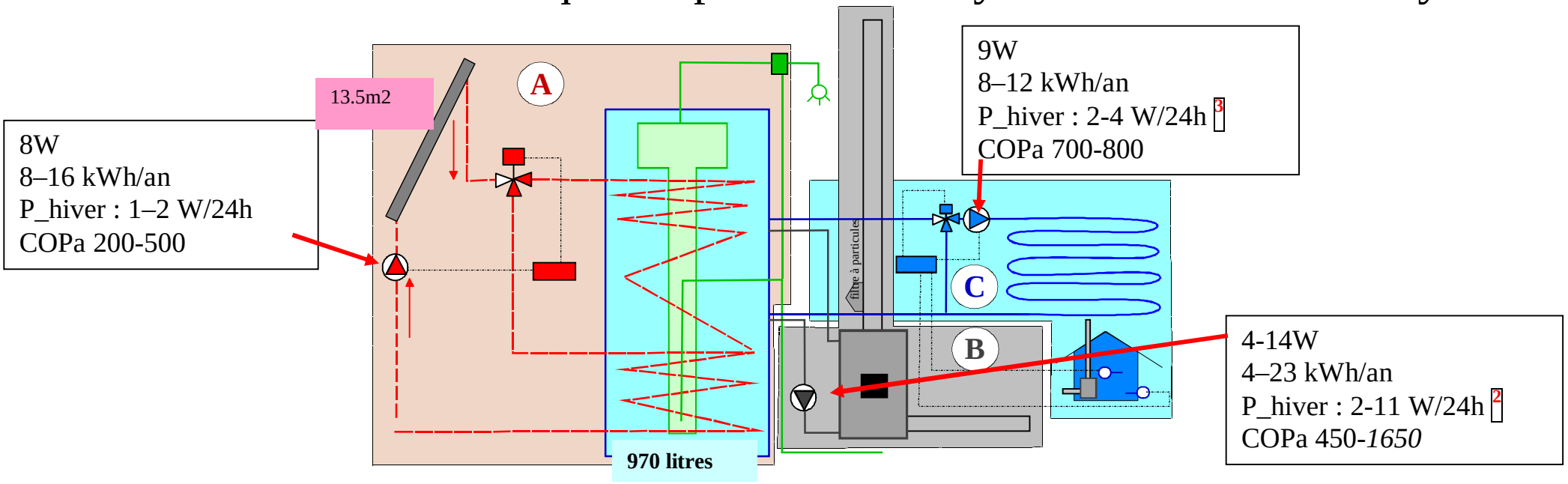
HOPF = Humain a Optimisation Par Flemme

Le solaire thermique et le bois décentralisé low-tech font un mariage parfait pour tirer avantage de la performance d'un bâtiment, des usages et de la météo. Ils amènent très souvent les consommations bien en-deçà de ce que les simulations prévoient. Sans domotique compliquée, onéreuse, et capricieuse. Cela est attesté sur des dizaines de réalisation de terrain (merci aux autoconstructeurs)

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Autonomie des systèmes vitaux

Consommations électriques et puissances moyennes sur 24h - Marmy

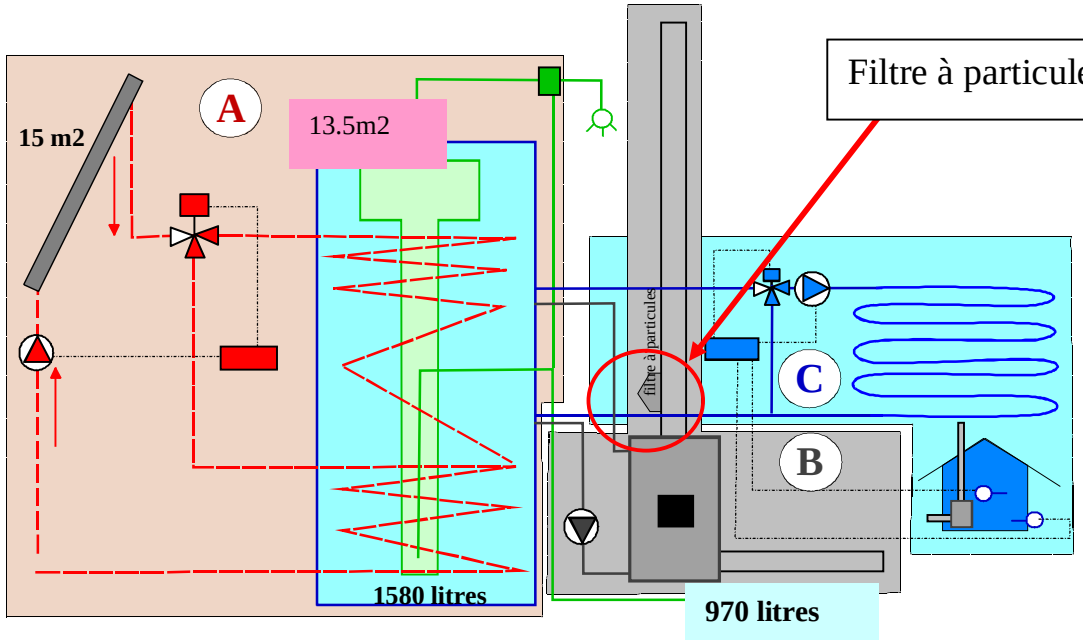


Cette question est essentielle pour l'autonomie électrique. Au cœur de l'hiver, le bois et le solaire thermique produisent de la chaleur entièrement renouvelable avec un COP moyen foisonné de l'ordre de 400, soit > 100x mieux qu'une PaC (pompe à chaleur) sol-eau et 200x fois mieux qu'une PaC air-eau. Ils n'épuisent donc pas les batteries et ne font pas augmenter la demande de pointe sur le réseau électrique national. Seuls de tels systèmes permettent d'être autonomes dans la réalité actuelle du stockage le l'électricité, et non ceux qui font appel à des concepts financiers qui n'ont rien à voir avec les lois de la physique, et/ou autre légendes sur les électrons produits l'été sensés revenir en hiver. Il y a une demande croissante pour ces configurations d'autonomie poussée auprès des installateurs Sebasol. Et cela ne concerne pas que les chalets d'alpages ou résidences secondaires.

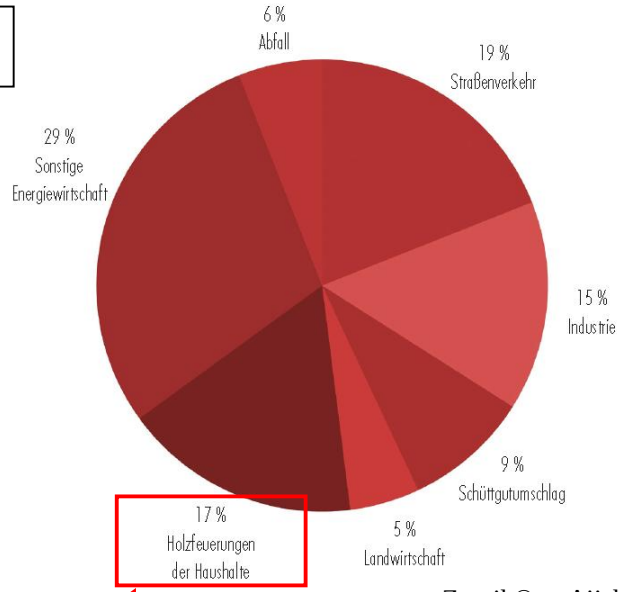
© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Ajouté

Particules fines – Le mariage parfait toujours



Filtre à particules



source : prospectus Zumik®on Aijekt1 cf annexe.

Contexte : le bois-bûches décentralisé est depuis des années l'objet d'incessantes critiques : il serait inefficace, émetteur de particules fines, dangereux pour l'usager etc. On ne compte plus les défauts de « ce pelé, ce galeux d'où venait tout leur mal »[3].

Argumentaire. D'abord

Ajouté

- Les chauffages bois contribuent pour 17% de la production des particules fines. Donc la mise au pilori concerne 17%.

source : prospectus Zumik®on Aijekt1 cf annexe.

[3] « Les animaux malades de la Peste », La Fontaine, 1676, https://fr.wikipedia.org/wiki/Les_Animaux_malades_de_la_peste#Texte ou le malheureux baudet a la mauvaise idée d'avouer un méfait mineur, ce qui lui vaut l'opprobre de tous les autres animaux, contents d'avoir un bouc émissaire pour faire oublier leurs propres agissements.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Ajouté

Ensuite

- Du fait de la législation sur Fribourg, le filtre à particules n'est pas obligatoire à Forel FR, donc acte pour le projet Marmy. A quelques km de là, sur VD, il l'est.
- Avec son installation solaire qui épargne 64% du bois (page 13), l'installation Marmy est donc déjà pourvue d'un filtre à particules d'efficacité annuelle de 64%.
- Le filtre à particule posé par les installateurs agréés Sebasol est en général le Zumik®on Airjekt1 (cf. annexe G). Efficacité jusqu'à 90%[4].
    - Sur une base de 80% d'efficacité, l'efficacité annuelle globale en couplage avec l'installation solaire thermique serait donc chez les Marmy de [1-(1-0.8)*(1-0.645)] = 92.9%
- Le Tiba Momo installé chez les Marmy est donné à 26 mg/Nm^3 (d'air d'extraction à 13% O_2) de particules fines (cf annexe B). D'autres sont donnés inférieurs (cf. annexe B). Donc reste en moyenne annuelle
    - Sans filtre à particules sur Fribourg (cas des Marmy) : (1-0.645)*26 =9.23 mg/Nm^3
    - Avec filtre à particules sur Vaud : 8.8*(1-0.2)*26 = (1-0.929)*26 = 1.846 arrondi à 1.8 mg/Nm^3

  La limite légale pour les chaudières de CaDs est en 2020 à 20 mg/Nm^3.

Ce constat est combattu par l'argument que ces chiffres sont valables qu'en cas de bonne combustion.

- En début et en fin de feu la combustion n'est pas bonne.
    - Oui mais c'est le cas de n'importe quelle chaudière. Donc aussi pour les grandes chaudières y compris des CaDs.
- Les usagers « ne savent pas faire un feu ».
    - Avec cet argument les voitures sont interdites car il y a de mauvais conducteurs. Ou les escaliers car des gens y tombent. Ou les micro-ondes car on peut y faire cuire des bébés dedans[5]. Les subventions ne sont données qu'aux poêles et chaudières à l'actif du label Energie Bois Suisse soit avec 80% minimum de rendement. Cette faitière donne des directives sur comment faire un feu et quel bois utiliser. Les installateurs expliquent comment faire aux gens. Les ramoneurs contrôlent les systèmes. Il y a des allume-feu dédiés aux allumages etc. Quiconque possède un poêle performant comme vrai système de chauffage n'a aucun intérêt à brûler du mauvais bois dedans et ainsi le rendre non performant.

[4] Effectivement mesurée par cet autoconatructeur http://www.sebasol.info/realisations.aspx?id=1235&r= et http://www.sebasol.info/realisations.aspx?id=1414&r= . Merci les autoconstructeurs !
[5] Mais pas les armes car ceux qui les achètent c'est que pour regarder.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Enfin, les particules fines sortent du bois. Les mg/Nm^3 ne disent rien l'impact environnemental à la personne.

- Les Marmy ont une consommation finale mesurée d'environ 2'800 kWh/an de bois après solaire thermique (cf page 13), soit 700 kWh/an personne.
- Un bâtiment individuel typique CECB D/E branché sur un CaD a ~30'000 kWh/an de besoins ECS & chauffage + 5-25% de pertes distribution suivant la densité du CaD (par générosité disons 10%), + 10% parce que le CaD brûle du bois plaquette vert + 10% perte de rendement moyen global chaudière => 30'000*1.1^3= ~ 40'000 kWh/an => si 4 personnes, 10'000 kWh/an personne. Ce calcul est probablement optimiste[6]. Donc
  - Les Marmy consomment 15x moins de bois à la personne que des habitants dans de l'habitat individuel typique branché à un CaD. Ils ponctionnent donc 15x moins la ressource en bois Suisse. Ils sont soutenables par rapport à cette ressource[7]. Les autres, non.
  - Sans filtre à particules, ils produisent ~15x moins de particules fines à la personne que ces habitants branchés au CaD[8].
  - Avec un Zumik®on d'efficacité 80%, ils produisent ~75x moins de particules fines par an à la personne que les utilisateurs précédents[9].

Les Marmy, ainsi que tous les gens qui installent du solaire thermique en ECS & appoint chauffage + du bois décentralisé, avec ou sans filtre à particules, jouent bien le rôle du baudet de la fable.

[6] Annexe E pour une comparaison avec des mesures réelles sur un CaD.
[7] 0.35 stères/personne an au lieu de ~5 stères/ personne an, le critère de durabilité étant de 0.4 stères/personnes an .
[8] Les besoins d'abord, puis rendement de la chaudière et les diverses pertes de distribution et autres (bois vert) entrent dans le calculs des kWh nécessaires par personne. Une fois cela établi, une bonne condition de combustion, un kWh de chaleur produit nécessite la même quantité d'oxygène = d'air pour être bien brûlé. Donc la production de particules fines à la personne est proportionnelle au nombre de kWh de bois brulé nécessaire à une personne. Un CaD muni d'un filtre à particules doit par obligation légale être en-dessous de 20 mg/Nm^3 d'air de combustion, ce qui n'est pas possible sans filtres (cf annexe E). Disons 10, moyenne entre 0 et 20 max. Donc cela fait 10'000 x 10 = 100000 unités de charge en particules fines pour cette personne, avec des filtres. Tandis que cher les Marmy on a 700 kWh x 9.23 = 6'461 unités de charge de particules par personne, sans filtre. Ratio : 100'000/6'461 = 15.47 donc 15. Notez que si le CaD avait un rendement miraculeux moyen annuel de 2mg/Nm^3, cela ferait quand même 15/5 = 3 fois moins de particules à la personne pour les Marmy.
[9] Ou bien même calcul : 100'000 unités de charge à comparer à présent à 700x1.846 = 1'292 et donc 100'000 / 1'292 = 77.3.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

SEBASOL

Ajouté

Surcoût du solaire thermique sur le bois seul pour le stockage & distribution ECS/chauffage

Richard Golay, Energie Bois Suisse, ERFA Swissolar 03.11.2020, page 10

- Volume (= de l'accumulateur tampon) pour les chaudières à bûches : minimum 12 litres par litre de chambre de remplissage. C'est à présent une obligation**.**

Autre dimensionnements usuels pour le volume minimum de stockage pour le bois

- Données fabricant. Exemple : Tiba Momo (présent dans le bâtiment Marmy) : 500L
- Règle du pouce : 70 L par kW de puissance brute dans l'eau.

Dimensionnement usuel pour le volume minimum de stockage du chauffe-eau :

- Besoin SIA individuel/collectif 13.8 ou 20.8 kWh/m^2 an et 60/40 m^2/personne => 828 kWh/ personne an (sans les pertes !) => 44 l/personne jour = volume minimum du chauffe-eau par personne. Donc ~200L pour 4 personnes

Conséquence sur quelques poêles ou cuisinières chauffage central hydro.

		Tiba Momo	Tiba 806-18	Tiba 806-24	Tolima Acqua	Powal Phoenix
Puissance brute	[kW]	8,45	24	32,4	10,3	17,6
Volume stockage min bois-bûche	[L]	500	1300	1700	700	1000
Volume min bois bûche+solaire thermique	[L]	800	2000	2600	1100	1500
Surface max solaire thermique pente 20°	[m2 nets]	6	16	20	8	12
Surface max solaire thermique pente 45°	[m2 nets]	8	20	26	11	15
Surface max solaire thermique pente 60°	[m2 nets]	9	23	30	12	17
Surface max solaire thermique pente 90°	[m2 nets]	14	36	47	20	27
Surcoût volume solaire thermique (avec isolation) ~	CHFr	300 fr.	1 000 fr.	1 100 fr.	400 fr.	500 fr.
Surcoût échangeurs solaires, façade, S max ~	CHFr	600 fr.	1 400 fr.	1 700 fr.	800 fr.	1 000 fr.
Surcoût total, solaire thermique, façade, S max ~	CHFr	900 fr.	2 400 fr.	2 800 fr.	1 200 fr.	1 500 fr.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Ajouté

- Le coût de l'adaptation directe au solaire thermique de l'accumulateur de stockage pour le bois en chaufferie n'est pas élevé => mauvaise idée de ne pas le faire, car empêche de mettre du solaire thermique à futur, pour des « économies de bouts de chandelle » au présent.
- Le volume permet de mettre d'autant plus de surface de capteurs qu'ils sont en pente
- la surface supplémentaire possible en façade (~ +125%) vs une faible pente en toiture aboutit à une production qui excède de loin le manque à gagner à surface égale (~ -30% page 10).
  - Note : mettre sous faible pente une surface équivalente à celle max en façade augmenterait en même proportions le volume de stockage en chaufferie (~ + 125%) => surcoût solaires additionnels sur la configuration en chaufferie, qui compenseront le surcoût de mettre les capteurs en façade, pour une production moins utile au m^2 de capteur. En outre, s'attendre à des problèmes spécifiques dans du bâtiment performant vu la faible puissance nécessaire de l'appoint vs le + gros volume de stockage[10].
- avec des capteurs en façade, la production sert avant tout au chauffage, des stratégies d'économie sur l'ECS ne prétéritent pas la production solaire thermique car elle est transférée sur le chauffage, et permettent d'économiser d'avantage de bois (page 11, 13, 14)

Conclusion : ce n'est de loin pas une mauvaise idée que de mettre en façade
Plus le bâtiment est performant, plus c'est une bonne idée
Le solaire thermique en façade et le bois continuent d'aller au mieux ensemble.

[10] A moins de mettre un appoint de forte puissance, non nécessaire du point de vue des besoins, donc inutilement plus gros et plus cher.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Surcoût de mettre en façade par rapport à sur le toit

		13.5m2, toiture 20°	13.5m2 façade, façade unie	13.5m2 façade & cadre porte	13.5m2 façade & cadre porte, mesuré
Brut					
Coût surface de capteurs	[Fr]	8 000	10700	11800	11800
Surcoût sur toiture	[Fr]	0	2 700	3 800	3 800
Surcoût sur toiture	[Fr/m2]	0	200	281	281
Coût au m2	[Fr/m2]	593	793	874	874
Net, neuf					
Moins-value de bardage/tuiles	[Fr/m2]	35	170	170	170
Surcoût sur toiture	[Fr/m2]	0	65	146	146
Coût au m2	[Fr/m2]	558	623	704	704
Net, rénovation, Fribourg					
Moins-value de bardage/tuiles	[Fr/m2]	35	170	170	170
Subvention	[Fr/m2]	354	354	354	354
Surcoût sur toiture	[Fr/m2]	0	65	146	146
Coût au m2	[Fr/m2]	204	269	350	350

Notes

- « surcoût sur toiture » : surcoût pour intégrer en façade par rapport intégrer en toiture. Les 4 postes qui entrent dans ce surcoût sont 1) les verres à façon 2) les absorbeurs à façon 3) la distribution/équilibrage hydraulique à façon 4) la ferblanterie additionnelle pour encadrer les ouvertures (portes/fenêtres). Les trois derniers postes dont dominants et représentent avant tout du travail de haute compétence et valeurs ajoutée par l'installateur[11].
- les coûts sont TTC, en intégration, ferblanterie et connexions comprises, et clef-en-main.
- en autoconstruction, compter entre 50 et 70% de moins en coût brut[12], l'autoconstruction étant homologuée, elle donne aussi droit aux subventions
- « mesuré » = situation Marmy, pas d'influence sur le coût installation mais sur celui du kWh produit en page suivante
- 35.-/m^2 TTC moins-value tuiles : estimation plutôt pessimiste sur ~500 installations. Tuiles mécaniques. Tuiles vaudoises neuves ou anciennes, éternit neuves ou anciennes, etc. plus cher mais ferblanterie aussi plus chère.
- 170.-/m^2 bardage. Source : M. Evequoz, bureau Lutz. Coût identique à neuf ou en rénovation (façade ventilée).
- Calculs avec surface d'absorbeur net (=> pas brute et pas de prise en compte de la ferblanterie <=> plus de m^2 de tuiles/bardage épargnés en réalité.

[11] Impossible de faire faire cela par des ouvriers temporaires comme ceux souvent appelés sur les chantiers, y compris photovoltaïques. C'est le but.

[12] Plus le projet est ambitieux en matière de calepinage de façade, plus la part de réflexion et de travail humain est importante, plus le coût en autoconstruction se rapproche de celui en toiture. A condition de ne pas faire de raisonnement productiviste et de compter ses heures. Et à condition de savoir comment faire. Le premier point est personnel. Sebasol veille au second.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Influence sur le coût du kWh

		13.5m2, toiture 20°	13.5m2 façade, façade unie	13.5m2 façade & cadre porte	13.5m2 façade & cadre porte, mesuré
Brut					
Coût du kWh produit	[cts/kWh]	7,7	13,8	15,2	12,7
Surcoût du kWh, technique	[cts/kWh]	0	3,5	4,9	4,1
Net, neuf					
Coût du kWh produit	[cts/kWh]	7,2	10,8	12,2	10,2
Surcoût du kWh, technique	[cts/kWh]	0	1,1	2,5	2,1
Net, rénovation, Fribourg					
Coût du kWh produit	[cts/kWh]	2,6	4,7	6,1	5,1
Surcoût du kWh, technique	[cts/kWh]	0	1,1	2,5	2,1

Notes

- Le « Surcoût du kWh, technique » = coût additionnel sur le kWh produit qui provient de l'intégration en façade par rapport à celle en une seule surface du même nombre de m^2 installée compacte en intégré sur le toit
- « façade unie » = champ de capteurs d'un seul tenant (pas d'encadrements de type porte ou fenêtre), comme sur le toit.
- L'encadrement de la porte génère ~+10% sur le coût du kWh produit par rapport à une surface unie. Donc par rapport au toit, si la décision est de mettre en façade, les désirs esthétiques des architectes sont encore financièrement supportables par les clients[13].
- Chez les Marmy, la production supérieure mesurée diminue le coût du kWh produit. Le HOPF que le solaire thermique permet sur les ~ (~ 9'000- ~ 2'000 page 13) = ~ 7000 kWh de bois épargnés sur la consommation théorique n'est pas pris en compte, car d'impact sur le bâtiment non dissociable de celui du reste du HOPF (depuis des années à Sebasol nous essayons de simuler le HOPF et depuis des années nous échouons)[14].
- Ces écarts se tassent si les moins-values et les subventions sont prises en compte. La rénovation n'est alors pas moins intéressante que le neuf.

[13] Ce n'est pas une raison pour abuser, sous peine de rendre vrai le dicton « un architecte est quelqu'un qui se paie ses désirs esthétiques avec votre argent ».

[14] On peut néanmoins essayer de se faire une idée. Si par exemple est attribué au solaire thermique 50% des 7'000 kWh de consommations de bois en mooins, sa « production » (guillemets car c'est une production directe de 4'700 et une indirecte de 3'500 permise par l'utilisation des 4'700 pour faire du HOPF) est ~ 8'000 kWh et le coût du kWh produit est équivalent à celui en toiture. Sauf qu'ainsi l'économie de bois est de loin supérieure et que les 0.4 stères par personne et par an sont atteints. Ce raisonnement est néanmoins fragile car il est possible aussi de faire dans une certaine mesure, du HOPF avec le solaire en toiture en faible pente. Mais cependant moins facilement qu'en façade ou forte pente.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

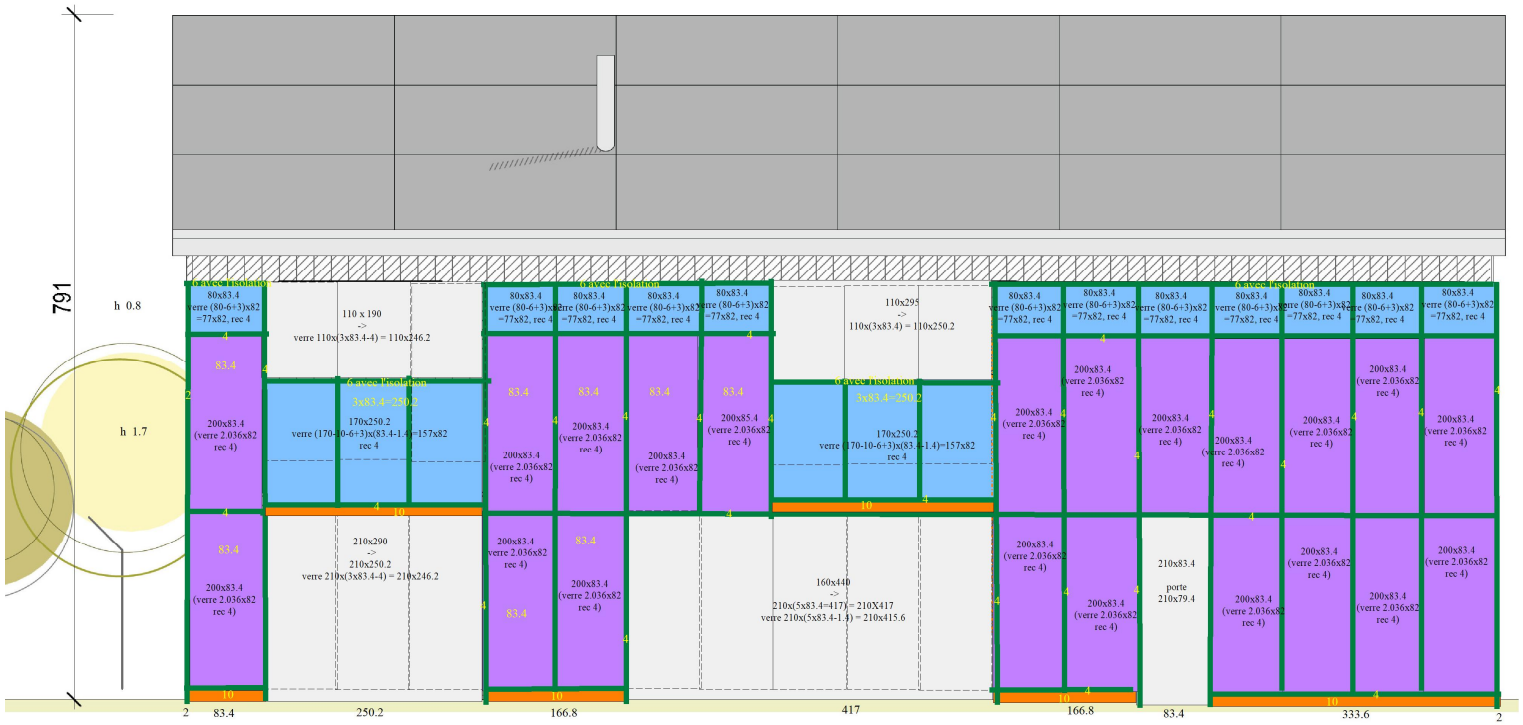
- Après moins-values et subventions solaires thermiques (le minimum syndical sur Fribourg) le coût du kWh produit
  - En rénovation est inférieur à celui du bois-bûche sans amortissement de la chaudière ni charges d'entretien. Du fait qu'à présent un stockage est obligatoire pour le bois-bûche et le plus souvent tout court (cf annexe), il n'y a plus de discussion possible sur le bien fondé du mariage.
  - A neuf, ce coût devrait être comparé au coût du kWh bois combustible+amortissement de l'installation bois. Vu le peu de bois qui reste à brûler, l'amortissement devient très long. En fait, il ne devient possible que pour les petits systèmes décentralisés comme celui chez les Marmy. Et donc le coût du kWh produit solaire thermique reste inférieur.
- Le coût du kWh produit par le système global est donc compétitif et – de son caractère low-tech - obtenu avec l'élimination d'une quantité importante d'électronique et de domotique. Il suffit à l'usageer de regarder la météo sur le journal et, ce qui n'est pas trop dur à l'humain typique, de bien utiliser sa flemme.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

L’avenir ?

Cette image reprend la façade Marmy en modifiant un peu la position et les dimensions des ouvertures (grisé) pour permettre le placement du maximum de capteurs de type Sebasol donnant droit aux subventions en rénovation (violet). Les surfaces bleu ciel sont des capteurs à façon qui n’y donnent pas droit.

Une telles manière de faire est possible pour d’autres capteurs, pour autant qu’ils soient constructibles à façon.



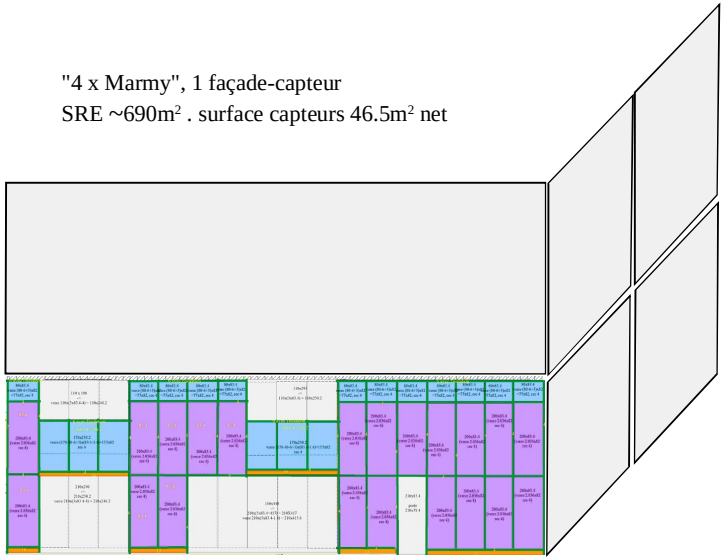
Surface totale, absorbeur net : 46.5m^2 (violet + bleu ciel)

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

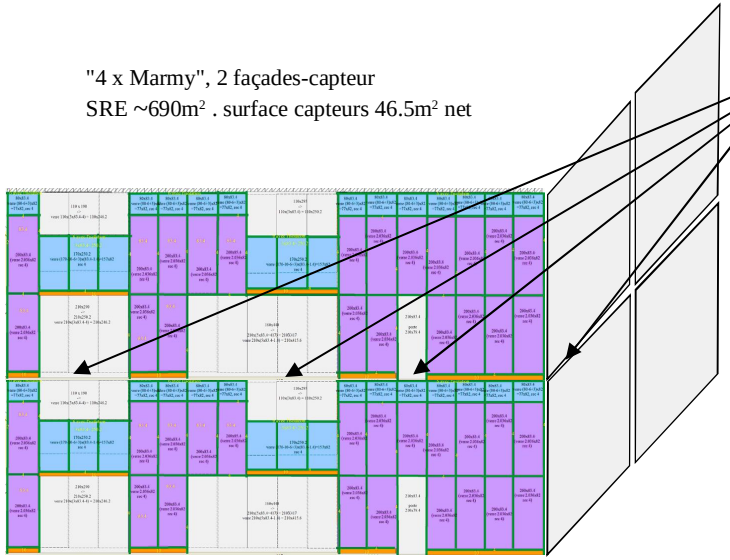
Ajouté

Cas de figure : Marmy*4 = Marmy*1 (largeur)*2 (profondeur)*2 (hauteur)
Passé d'individuel en collectif, conservation de l'arrangement de la façade S

"4 x Marmy", 1 façade-capteur
SRE ~690m² . surface capteurs 46.5m² net



"4 x Marmy", 2 façades-capteur
SRE ~690m² . surface capteurs 46.5m² net



Oui, au moins 50cm de h de paroi ici et probablement des balcons mais anecdotique sur la surface : c'est un exercice

- Besoins chauffage Marmy*1 : SRE 172.8 m^2, $Q_{ch\ eff\ Marmy*1}$. 6636 kWh/an, $[Q_T+Q_V]_{Marmy*1}$ 12'787 kWh/an, Surface de perte A ~380m^2, $A/SRE_{Marmy*1}$ = ~2.3[15]. Besoins ECS Marmy*1 : 172.8 50 [MJ/m^2 an, individuel]/3.6 = 2'400 kWh/an. Besoins ECS ≈ 25% besoins totaux.
- Besoins chauffage Marmy*4 : SRE ~690 m^2, Surface de perte A ~950 m^2, $A/SRE_{Marmy*4}$ = ~1.35 => $[A/SRE_{Marmy*4}/A/SRE_{Marmy*1}]$ = ~0.6 => $Q_{ch\ eff\ Marmy*4}$. = ~6'636*4*0.6 ≈ 16'200 kWh/an, $[Q_T+Q_V]_{Marmy*4}$ = ~12'787*4*0.6 ≈ 31'300 kWh/an. Besoins ECS Marmy*4 : ~690 75 [MJ/m^2 an, collectif]/3.6 = ~14'400 kWh/an. Important : besoins ECS à présent ≈ 50% besoins totaux.
- ~690 m^2 SRE pourraient contenir ~6 appartements à 60-90m^2 (20% circulations déduites). Nombre d'habitants SIA ~18

[15] Le A/SRE du SIA 380/1 est à 2.55 car dans Marmy individuel la partie droite de l'édifice n'est pas chauffée et il y a un toit en (faible) pente de S > SRE. Pour l'exercice la profondeur du « module Marmy*1 » a été modifiée pour caler à la SRE originelle. Ces ajustements sont peu importants : ce qui importe c'est d'avoir le même calcul du A/SRE pour déterminer le A/SRE du locatif bâti en « Marmy*x » pour avoir une idée de la diminution du $Q_{ch,\ eff}$ par gain de compacité.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Productions pour Marmy*4 avec 46.5 et 93m^2 en toiture et façade

Marmy, Surfaces et SRE	toit 46,5m2, SRE 691m2, collectif	facade 46,5m2, SRE 691m2, collectif	toit 93m2, SRE 691m2, collectif	facade 93m2, SRE 691m2, collectif
Besoins totaux [kWh/an]	30685	30685	30685	30685
SFn solaire ECS [-]	62%	42%	72%	63%
SFn solaire CH [-]	18%	22%	30%	37%
SFn solaire, global	48%	34%	58%	53%
Prod solaire [kWh/m2]	19180	12896	23752	20228
Prod solaire [kWh/m2 an]	412	277	255	218
Conso Bois [kWh/ an]	29368	34824	24016	25460
En stère feuillu	14,7	17,4	12,0	12,7
Quota	0,85	1,01	0,69	0,74
	pas atteint	pas atteint	pas atteint	pas atteint

Notes

- 46.5m^2 pour Marmy*4 correspondent à 11.6 m^2 pour Marmy*1, soit donc ~15% de surface de capteur en moins mais pour des besoins de chauffage ~40% en moins au m^2 SRE et ECS de 50% en plus par m^2 SRE. Les % de couverture globaux en façade de ~34% pour 46.5m^2 sont donc cohérents avec les 36% en page 10.
- On retrouve les ~ moins 30% théoriques entre façade et toiture pour 46.5 m2. Pour 93m^2 les écarts se tassent car la grande surface en toiture est surdimensionnée pour les besoins d'été et sert moins pour les besoins chauffage d'hiver. A nouveau cela milite pour les capteurs en façade.
- Economies d'ECS de 50% ? Voir annexe.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Coûts Marmy*1*2*2 – 1 façade-capteur - 46.5m^2 nets

		46.5m2, toiture 20°	46.5m2 façade, façade unie	46.5m2 façade & cadres
Brut				
Coût surface de capteurs	[Fr]	18 500	28500	32500
Surcoût sur toiture	[Fr]	0	10 000	14 000
Surcoût sur toiture	[Fr/m2]	0	215	301
Coût au m2	[Fr/m2]	398	613	699
Net, neuf				
Moins-value de bardage/tuiles	[Fr/m2]	35	170	170
Surcoût sur toiture	[Fr/m2]	0	80	166
Coût au m2	[Fr/m2]	363	443	529
Net, rénovation, Fribourg				
Moins-value de bardage/tuiles	[Fr/m2]	35	170	170
Subvention	[Fr/m2]	291	291	210
Surcoût sur toiture	[Fr/m2]	0	80	247
Coût au m2	[Fr/m2]	72	152	319

Notes

- L'encadrement des ouvertures génère des coûts au m^2 supérieurs, pas seulement via le travail additionnel (point 4 précédent), mais aussi parce qu'il faut faire des capteurs de dimensions à façon qui ne donnent pas droit – pour l'instant - aux subventions[16].

[16] Ceci quand bien même tout le reste de leur construction (type de feuille sélective, diamètre et espacement des tubes, propriétés du verre, épaisseurs d'isolation, matériaux etc.) est semblable, ie. du point de vue des lois de la physique ils ne sont pas moins efficaces

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Influence sur le coût du kWh

		46.5m2, toiture 20°	46.5m2 façade, façade unie	46.5m2 façade & cadres
Brut				
Coût du kWh produit	[cts/kWh]	4,8	11,0	12,6
Surcoût du kWh, technique	[cts/kWh]	0	3,9	5,4
Net, neuf				
Coût du kWh produit	[cts/kWh]	4,4	8,0	9,5
Surcoût du kWh, technique	[cts/kWh]	0	1,4	3,0
Net, rénovation, Fribourg				
Coût du kWh produit	[cts/kWh]	0,9	2,7	5,7
Surcoût du kWh, technique	[cts/kWh]	0	1,4	4,4

Notes

- A neuf, il n'y a pas de subventions. L'influence des surfaces de capteurs à façon non subventionnés est visible via l'augmentation de la part technique du coût du kWh entre le neuf et la rénovation, quand bien même le coût du kWh produit en rénovation est inférieur du fait des subventions.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Ajouté

Coûts Marmy*1*2*2 – 2 façades-capteur - 93m^2 nets

		93m2, toiture 20°	93m2 façade, façade unie	93m2 façade & cadres
Brut				
Coût surface de capteurs	[Fr]	33 500	53300	61600
Surcoût sur toiture	[Fr]	0	24 800	33 100
Surcoût sur toiture	[Fr/m2]	0	267	356
Coût au m2	[Fr/m2]	360	573	662
Net, neuf				
Moins-value de bardage/tuiles	[Fr/m2]	35	170	170
Surcoût sur toiture	[Fr/m2]	0	78	167
Coût au m2	[Fr/m2]	325	403	492
Net, rénovation, Fribourg				
Moins-value de bardage/tuiles	[Fr/m2]	35	170	170
Subvention	[Fr/m2]	278	278	197
Surcoût sur toiture	[Fr/m2]	0	78	248
Coût au m2	[Fr/m2]	47	125	295

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Ajouté

Influence sur le coût du kWh

		93m2, toiture 20°	93m2 façade, façade unie	93m2 façade & cadres
Brut				
Coût du kWh produit	[cts/kWh]	7,1	13,2	15,2
Surcoût du kWh, technique	[cts/kWh]	0	6,1	8,2
Net, neuf				
Coût du kWh produit	[cts/kWh]	6,4	9,3	11,3
Surcoût du kWh, technique	[cts/kWh]	0	1,8	3,8
Net, rénovation, Fribourg				
Coût du kWh produit	[cts/kWh]	0,9	2,9	6,8
Surcoût du kWh, technique	[cts/kWh]	0	1,8	5,7

Notes

- L'augmentation du coût du kWh produit ne provient pas d'une augmentation du coût brut technique (entre 46.5 et 93 m^2, le coût brut du m^2 diminue), mais de la diminution classique de la production au m^2 de capteur solaire thermique quand la surface augmente pour des besoins identiques.
- Important de ne pas oublier les acquis des pages 11-13.
  - Les besoins ECS totalisent ici ~50% des besoins totaux. En cas d'économies sur l'ECS, la production solaire thermique est transférée sur le chauffage, sans perte de production.
  - En cas de HOPF, les simulations ne peuvent prendre en compte la baisse de consommation de bois.
- Les économies d'ECS sont-elles possibles en locatif ?
  - La tendance actuelle est à la diminution des besoins ECS. SIA les surestime déjà.
  - Nos expériences et mesures avec les autoconstructeurs montrent des consommations de l'ordre de 50% à 70% inférieures à SIA
- Le HOPF est-il possible en locatif ? Les recherches sont en cours avec des projets d'autoconstructeur en petit locatif de type Marmy*4. La flemme est un moteur puissant. La perspective d'une réponse positive est donc raisonnable.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Annexe A. Besoins

Justification globale

Exigences d'après:	**SIA 380/1 (éd. 2016), Bâtiment neuf**		
Canton:	**Fribourg**		
Station climatique:	**Bern Liebefeld**	Ref:	**SIA 2028**
Surface de référence énergétique (SRE) A_E :	**172.8** m²	Rapport de forme A_{th}/A_E :	**2.55**
Facteur d'ombrage de la façade ayant la plus grande surface vitrée:		f_S :	**0.66**
Longueur totale des ponts thermiques linéaires:		l :	**124** m
Bâtiment avec chauffage par sol	**oui**	Température de dimensionnement $\Theta_{H,max}$:	**30** °C
Supplément pour régulation non performante	$\Delta\Theta_i$: **0** °C	Système :	régulation par pièce

Valeur-limite des besoins de chaleur pour le chauffage	$Q_{H,li}$: 100 [%]	55.1	[kWh/m²]
Besoins de chaleur pour le chauffage du projet	Q_H:	36.5	[kWh/m²]
Puissance de chauffage spécifique: P_h: 18.3 [W/m²]	$P_{h,li}$:	25.0	[W/m²]
Exigence globale $Q_{H,li}$ et $P_{h,li}$	respectée ☒	non respectée ☐	

Besoins de chaleur pour l'eau chaude sanitaire Q_{ECS}: 14 [kWh/m²]

7. Bilan thermique avec débit d'air thermiquement actif (Qh,eff)

Zone thermique	Q_T [kWh/m²]	Q_V [kWh/m²]	Q_I [kWh/m²]	Q_S [kWh/m²]	η_g	$Q_{h,eff}$ [kWh/m²]	q_{th} [m³/
Logement	50.8	23.2	20.5	30.7	0.7	38.4	0.8
total	50.8	23.2	20.5	30.7	---	38.4	

Notre expérience a montré l'importance des pertes par transmission + ventilation dans les simulations. Ce n'est pas par caprice que Polysun les exige.

Le $Q_{ch,\ eff}$ ne suffit en effet pas car représente une moyenne annuelle, qui prend en compte les apports solaires passifs. Si le bâtiment est fortement vitré, ils sont importants, mais ils ne jouent aucun rôle dans les périodes froides sans soleil, qui dépendent en Suisse fortement

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

de la localisation (stratus, brouillards etc.). Là, les vitrages aussi bons soient-ils ne gagnent quasi rien et agissent comme de mauvais murs. De là la diminution de surface des vitrages depuis les années 90[17].

Des capteurs solaires thermiques ne gagnent rien non plus (sauf en UBT, mais cela ne s'applique alors pas à l'espace chauffé, mais à des espaces tampons ou d'autre fonctions). Mais en cas de façades performantes derrière eux[18], ils ne péjorent alors pas les pertes par transmission. De fait, le solaire thermique en façade est d'autant plus utile que Q_T+Q_V sont faibles, ie que la proportion de vitrages est petite, car d'une part ils ne perdent pas plus que les façades en cas de mauvaise météo et d'autre part via le stockage de la chaleur produite dans les périodes de beau temps et sa restitution dans les périodes sans soleil, ils jouent le rôle – intrinsèque à la notion de stockage - de *vraies* « fenêtres ouvertes sur le passé » [19].

Important : avec des températures de départ/retour chauffage sont de l'ordre de 35/25 ou 28/22°C typiques pour du bâtiment performant à très performant, 1 litre d'eau produite à 45°C en bas de cuve par un système solaire thermique à stratification à 2 niveaux équivaut à 1.66/3.12 litres d'eau à injecter à 35/28 dans le départ chauffage pour un bâtiment chauffé à 20[20]. Pour exploiter cela au mieux il faut une vanne 3-voies dite ou « suédoise » avec une admission additionnelle entre le retour chauffage et le haut de l'accumulateur. Et un piquage bas sur l'accumulateur pour que cette admission puisse prendre de la basse température faite à 100% au solaire thermique en plus de la mélanger. Cela dispense à ce moment de mélanger de l'eau plus chaude à l'admission en haut d'accumulateur pour en faire de l'eau très tiède, et donc cette eau n'est pas sollicitée, et donc cela épargne des départs de charge chaudière. Et cela refroidit plus vite le

[17] Un peu d'histoire du domaine : le stockage dans la masse du solaire passif via les vitrages est utile mais il n'a pas été à la hauteur des espoirs pour les raisons suivantes: c'est sur le plancher que se fait ce stockage d'une part car même à 15° d'incidence moyenne sur une journée en décembre, le solaire direct va quand même contre en bas, le bâtiment ne peut stocker ainsi d'avantage que ce qui arriver par les fenêtres de g ~ 0.6 pendant quelques heures de beau temps l'hiver ensuite, et enfin ce ne sont que les 6 premier cm de matériau qui en gros stockent. Faire le calcul de la capacité de stockage d'une chape ciment de 6cm vs ce qui peut géométriquement arriver dessus via une fenêtre de surface S en face qui laisse passer 60% de l'énergie incidente en mauvaise saison, plus répartir cette énergie gagnée sur tout le bâtiment, pour voir que c'est modeste. Les tentatives de faire plus de surfaces de stockage dans ces années pour prendre en compte de grandes surfaces vitrées se sont heurtée au même problème : c'est le sol qui stocke, tout stockage solaire passif indirect (par exemple du sol aux murs ou au plafond) ne fait que répartir l'énergie stockée dans le sol. Cela ne sert à rien si la capacité de stockage du sol est suffisante. Ainsi, dans les années 90-2000 M. Lutz avait mis de la masse au plafond sous la forme de plots sensés ainsi stocker d'avantage. Mais du fait des raisons citées, leur apport ne pouvait être qu'anecdoctique, en contrepartie d'un surcoût de construction lui certain. Ce qui fait que le bureau Lutz a – à ma connaissance – abandonné ce système. Par contre le stockage dans la masse via les surfaces actives chauffantes (chauffage au sol) et la part aéraulique des poêles, dans le cadre de stratégies HOPF, peut lui être significatif et est à notre avis au moins en partie responsable de la différence des consommations de bois entre simulations et mesures chez les Marmy.

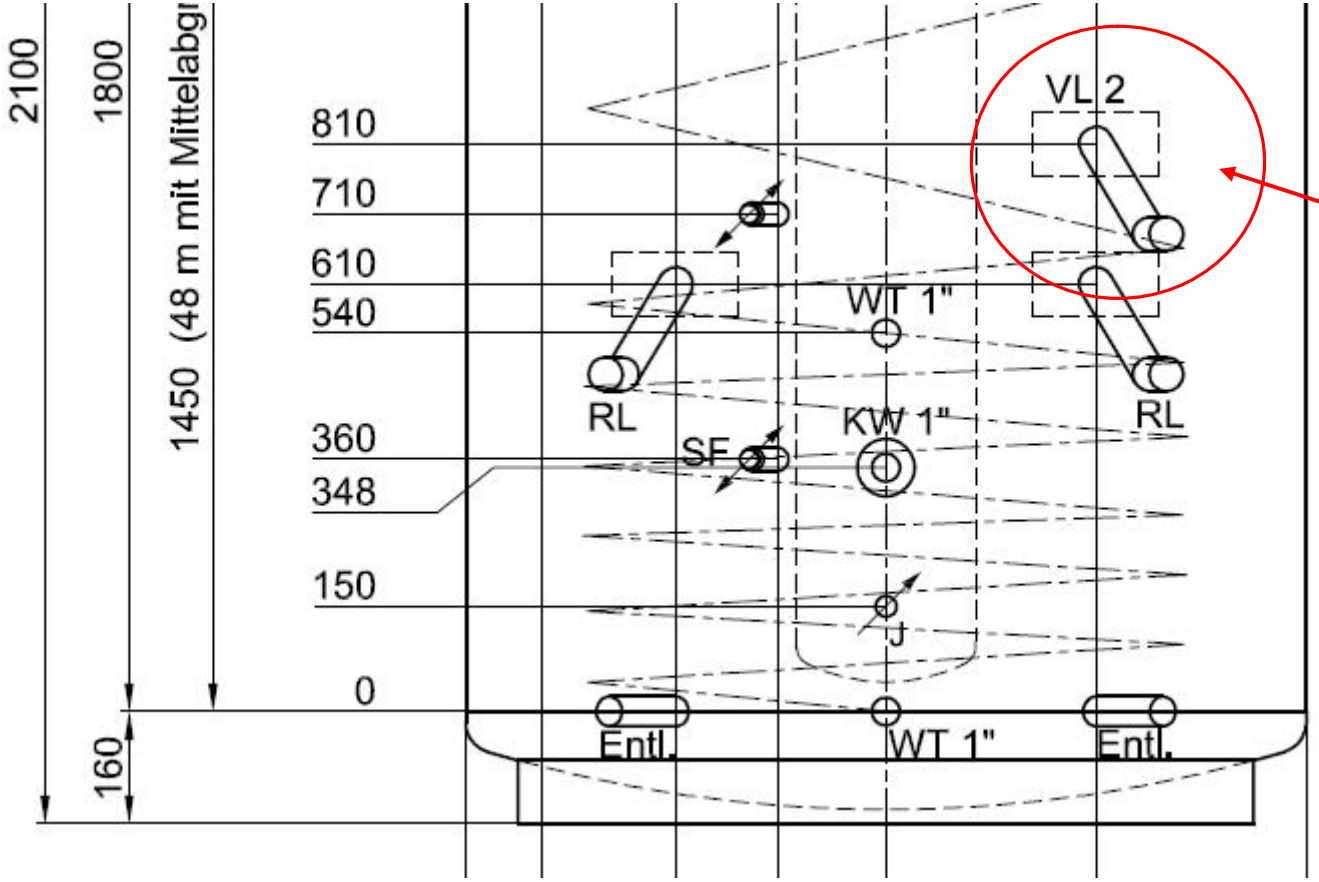
[18] Une évidence mais une forme de malversation à vérifier sur chantier !

[19] A ne pas confondre avec le déphasage, comme par exemple avec un plancher solaire direct, qui est beaucoup moins intéressant. 20 ans de confusion sur ces deux notions, et en France très souvent elle demeure. Le HOPF est beaucoup plus efficace comme méthode (c'est une forme de stockage indirect dans la masse, donc aussi un déphasage). Et au contraire d'une chape de 20cm au lieu de 7cm, nécessaire à un plancher solaire direct pour assurer au moins un déphasage jour-nuit apte à épargner des conditions de confort insupportables dans les pièces en entre-saison (en hiver ca ne sert à rien cf. point précédent), il ne coûte rien. Le plancher solaire direct n'est intéressant que lorsque le surcout d'accumulateurs combiné devient excessif par rapport à celui de simples chauffe-eau ECS + une dérivation de stockage dans une masse interne (que ce soit un plancher ou autre chose). Et encore, c'est de moins en moins d'actualités avec l'arrivée de petits accumulateurs combinés bon marché, de plus en plus adaptés aux faibles surfaces de capteurs solaires thermiques, elles-mêmes cohérentes avec les besoins en diminution des bâtiments en constante amélioration (grâce entre autre au Programme Bâtiment !). Rien à ce jour, n'a été découvert qui soit économiquement compétitif avec l'eau du robinet pour non seulement le stockage de la chaleur, mais aussi sa restitution à des températures adaptées via la stratification dans les accumulateurs.

[20] (45-20)/(35-20) et (45-20)/(28-20)

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

bas de l'accumulateur => plus de production solaire thermique sur le moment et par la suite. Pour le HOPF, comme cette eau plus chaude est alors d'avantage disponible pour l'ECS, la nécessité psychologique de faire un feu au système manuel qu'est le poêle diminue d'autant, et donc d'avantage de feux sont économisés car psychologiquement c'est plus dur de ne pas avoir d'eau chaude à la douche que de supporter une baisse temporaire de la température des pièces.



Piquage bas pour admission de chaleur 100% solaire thermique dans la distribution chauffage. Extrait d'un schéma d'accumulateur Jenni Energietechnick, mais il y a d'autres marques qui ont ce piquage.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Annexe B. Quelques hydro bois-bûche décentralisés performants.

Prüfwerte nach DIN EN 13240 gemäß Prüfbericht FSPS-Wa 1886-EN Feuerstättenprüfstelle RWE Power AG:

Brennstoff	Holz (Buche)	Braunkohlenbriketts BB 7“
Nennwärmeleistung (NWL)	8 kW	8 kW
Mittlere wasserseitige Wärmeleistung [kW]	5,9	6,0
Mittlerer Brennstoffdurchsatz [kg/h]	2,55	2,05
Wirkungsgrad [%]	86,3	83,5
Mittlerer CO_2 – Gehalt [%]	9,3	8,3
Mittlerer CO – Gehalt [mg/Nm³] bzg. 13%O_2	1063	725
Mittlerer Staub – Gehalt [mg/Nm³] bzg. 13%O_2	26	23
Mittlerer NO_x – Gehalt [mg/Nm³] bzg. 13%O_2	124	134
Mittlerer C_nH_m – Gehalt [mg/Nm³] bzg. 13%O_2	59	18
Mittlere Abgasstutzentemperatur [°C]	175	
Abgasmassenstrom [g/s]	7,5	
Förderdruck [Pa]	12	

Momo / Tio

Caractéristiques techniques :

Rendement thermique nominal : 10 kW
débit d'eau env 70%
Plage de puissance : 5-12 kW
Degré d'efficacité : >80%
Contenance en eau : 30 l

Tolima Acqua

Poids
avec habillage latéral en tôle d'acier et carter en tôle d'acier : 240 kg
avec habillage latéral en tôle d'acier et carter céramique : 240 kg
avec habillage latéral en tôle d'acier et carter en pierre naturelle : 260 kg
avec habillage céramique : 280 kg
avec habillage en pierre naturelle 305 kg

Hauteur/largeur/profondeur
avec habillage latéral en tôle d'acier et carter en tôle d'acier : 1343/586/539 mm
avec habillage latéral en tôle d'acier et carter céramique : 1385/586/539 mm
avec habillage latéral en tôle d'acier et carter en pierre naturelle : 1343/586/539 mm
avec habillage céramique : 1362/586/539 mm
avec habillage en pierre naturelle 1385/586/539 mm

Tubulure de tube d'acier : D=150 mm
Hauteur de raccordement haut OK 1 311 mm
arrièrecentre 1 178 mm

Tubulure d'air de combustion : D=125 mm
Hauteur de raccordement arrière centre 280 mm
bas UK 114 mm
Ouverture du foyer 405/333 mm
Dimensions du foyer 520/346/335 mm

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

SEBASOL

le recouvrement.

No. AEAI / Certifié selon / Sigle de qualité Energie bois suisse			17140 / EN12815 / 0114	
Dimensions:	Hauteur/Largeur/Profondeur (encastré)	cm	**90(85)/62/60**	
	Hauteur/Largeur/Profondeur (indépendant)	cm	90(85)/67/60 (avec parois visibles)	
	Foyer chauffage, H/L/P	cm	60/23/44	
	Ouverture porte de chargement, L/H	cm	18/13	
	Quantité de bois par charge	kg	15	
	Longueur max. du combustible	cm	33	
	Buse de fumée	cm	12 x 28	
	Cendrier	dm³	9,4	
Poids:		kg	270	
Surface cuisson:	Largeur/Profondeur	cm	57/53,5	
	Fonte		oui	
	Porte de chargement, L/P	cm	18/32	
Valeurs de combustion:	Dépression moyenne (tirage cheminée)	Pa	18	20
	Température moyenne des gaz de fumée	°C	180	204
	Durée de combustion à puissance nominale	h	env. 2,5	env. 2
	Quantité de bois par charge	kg	17	17
	Rendement de la technique de combustion	%	83	83
Valeurs techniques chauffage:	Contenance en eau	litres	30	30
	Débit minimal chaudière (Δt = 20 °C)	l/h	780	1040
	Pression de service	bar	3	3
	Pression lors des tests	bar	6	6
	Température retour minimale	°C	55	55
	Puissance totale	kW	24	32,4
	Puissance eau chaude	kW	18	24
	Puissance chaleur dans la pièce	kW	6	8,4
Combustible:			Bois de chauffage	
Pays de production/Origine:			Suisse	

Tiba 806-18/24

Daten PHOENIX (Powall)

Typ	PHOENIX
Einbausituation	Freistehender Kaminofen
Feuerungswärmeleistung	20,5 kW* ← ? ≠ 13.9+3.7
Nennwärmeleistung Raum	3,7 kW*
Nennwärmeleistung Wasser	13,9 kW*
Wirkungsgrad gem. DIN EN 13240	86 %*
Abgastemperatur	185 °C
Abgasmassenstrom	14,2 g/s
CO-Emissionen	770 mg/m³ (bei 13% O_2)
Feinstaubemissionen	< 20 mg/m³ (bei 13% O_2)
Zugbedarf	13 Pa
Durchmesser Rauchrohranschl.	150 mm
Füllrauminhalt	35 Liter (Netto-Füllmenge 22 l) 5 kg Fichtenholz (ca.) 6 kg Buchenholz (ca.)
Gewicht	245 kg
Empfohlenes Puffervolumen	1.000 Liter (m. Solaranlage 150 l/m² Koll.)

- Nennwärmeleistung Warmwasser-Heizkessel 13,9 kW
- Nennwärmeleistung Raum 3,7 kW
- Absolut bedienungs- und servicefreundlich
- hervorragend für Niedrigenergiehäuser geeignet
- Feinstaubgehalt 7 mg/m³
- Schadstoffklasse Stufe 2 DIN EN 13240

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

SEBASOL

Annexe C. Le surcoût du stockage solaire thermique sur le stockage bois dans le détail.

		Tiba Momo	Tiba 806-18	Tiba 806-24	Tolima Acqua	Powal Phoenix
Puissance brute	[kW]	8,45	24	32,4	10,3	17,6
Rendement	[-]	86%	83%	83%	81%	86%
%air	[-]	30%	25%	26%	30%	21%
%eau	[-]	70%	75%	74%	70%	79%
Chambre hauteur	[m]	0,43	0,6	0,6	0,52	
Chambre largeur	[m]	0,32	0,23	0,23	0,346	
Chambre profondeur	[m]	0,3	0,44	0,44	0,335	
Chambre Volume	[L]	41	61	61	60	
Volume min Energie Bois Suisse	[L]	500	700	700	700	
Volume min fabricant	[L]	500				1000
Volume min au kW	[L]	400	1300	1700	500	1000
Volume min chauffe-eau, individuel 4 personnes	[L]	200	200	200	200	200
Volume stockage min bois-bûche	[L]	500	1300	1700	700	1000
Volume min bois bûche+solaire thermique	[L]	800	2000	2600	1100	1500
Surface max solaire thermique pente 20°	[m2 nets]	6	16	20	8	12
Surface max solaire thermique pente 45°	[m2 nets]	8	20	26	11	15
Surface max solaire thermique pente 60°	[m2 nets]	9	23	30	12	17
Surface max solaire thermique pente 90°	[m2 nets]	14	36	47	20	27
Surcoût échangeurs solaires pente 20°	CHFr	400	800	800	400	600
Surcoût échangeurs solaires pente 45°	CHFr	400	800	1000	600	600
Surcoût échangeurs solaires pente 60°	CHFr	400	1000	1000	600	800
Surcoût échangeurs solaires pente 90°	CHFr	600	1400	1700	800	1000
Surcoût volume solaire thermique (avec isolation) ~	CHFr	234 fr.	842 fr.	936 fr.	312 fr.	421 fr.
Surcoût volume solaire thermique (avec isolation) ~	CHFr	300 fr.	1 000 fr.	1 100 fr.	400 fr.	500 fr.
Surcoût échangeurs solaires, façade, S max ~	CHFr	600 fr.	1 400 fr.	1 700 fr.	800 fr.	1 000 fr.
Surcoût total, solaire thermique, façade, S max ~	CHFr	900 fr.	2 400 fr.	2 800 fr.	1 200 fr.	1 500 fr.

Si les cases sont vides les renseignements n’ont pu être obtenus.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Annexe D. Productions pour Marmy*4 avec 46.5 et 93m^2 en toiture et façade, ECS - 50%

Marmy, Surfaces et SRE variables ECS SIA/2	toit 46,5m2, SRE 691m2, collectif	facade 46,5m2, SRE 691m2, collectif	toit 93m2, SRE 691m2, collectif	facade 93m2, SRE 691m2, collectif
Besoins totaux [kWh/an]	23485	23485	23485	23485
SFn solaire ECS [-]	66%	54%	75%	74%
SFn solaire CH [-]	22%	25%	36%	44%
SFn solaire, global	50%	40%	59%	59%
Prod solaire [kWh/m2]	16948	12544	20484	18904
Prod solaire [kWh/m2 an]	364	270	220	203
Conso Bois [kWh/ an]	23600	25616	19580	18160
En stère feuillu	11,8	12,8	9,8	9,1
Quota	0,68	0,74	0,57	0,53
	pas atteint	pas atteint	pas atteint	pas atteint

Notes :

- Même transfert de la production de l'ECS au chauffage sans diminution de la production au m^2 de capteur (voir page 26).
- Pour le reste même remarques que page 13 : dans la réalité, l'économie de bois sera probablement supérieure et donc le quota de 0.4 stères de bois par personne et par an atteint.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

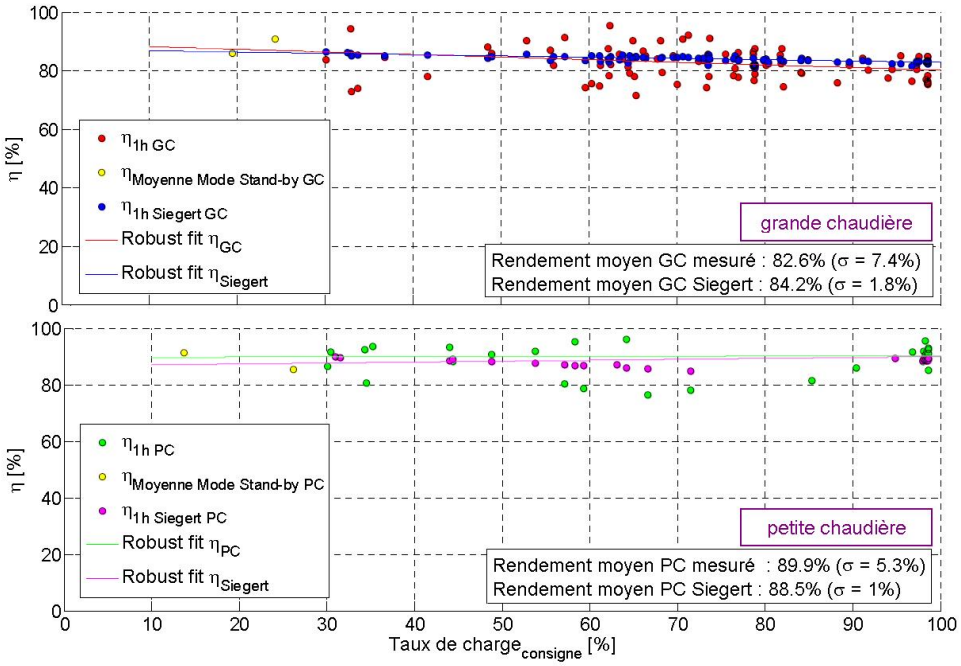
Annexe E. Grandes chaudières centralisées vs petites décentralisées.

Pour cette annexe, le passionnant travail "Audit'bois : Analyse énergétique, environnementale et économique du chauffage à distance au bois à Genève : Retour d'expérience sur l'installation de Cartigny" est utilisé. Source : https://archive-ouverte.unige.ch/unige:32223. Les pages entre parenthèse concernent cette source.

A. Rendement

- **Rendement**

Le rendement des deux chaudières a été mesuré sur toute la gamme de puissance (moyennes horaires) suivant les deux méthodes directe et indirecte (Siegert) :



On peut relever les résultats suivants :

- Pour les deux chaudières et selon les deux méthodes, le rendement est quasi invariant en fonction de la puissance fournie (i.e. du taux de charge), ce qui est contraire à ce qu'on s'attendait à observer a priori.
- Le rendement mesuré durant les phases stand-by/30% n'est pas différent du rendement mesuré lors du fonctionnement à puissance plus élevée alors qu'on s'attendrait à observer une dégradation importante de sa valeur.
- **Le rendement moyen sur toute la gamme de mesure s'élève à 83% pour la grande chaudière (84% selon la méthode de Siegert) et 90% pour la petite chaudière (88.5% selon la méthode de Siegert).** Les résultats obtenus par les deux méthodes sont cohérents (+/-1.5 point). Les niveaux de rendement observés sont plutôt bons, conformes aux valeurs annoncées par les constructeurs en général.

(page 10)

Donc

1. Avec 83-84% le rendement des grandes chaudières centralisées est inférieur à celui du poêle hydraulique Woedke Momo ou d'un Powal Phoenix (86% cf Annexe B). Et équivalent à celui d'une cuisinière chauffage central Tiba 806/18-24 (83%, dito), voire du Olsberg Tolima Acqua (>80%, dito).
2. Avec 88-90% le rendement des "petites" chaudières centralisées du même ordre de grandeur que celui d'un poêle hydro à granulés (90%) et à peine supérieur à celui de poêles hydro bûches comme le Woedke Momo ou Powal Phoenix.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

De fait, le rendement de combustion meilleur des grandes chaudières centralisées ne tient pas. Or c'est un mantra qu'on entend partout de la bouche d'ingénieurs, d'architectes, de politiques, et de l'OFEN. Il serait temps que cela cesse.

B. Poussières fines

- **Poussières**

Les Figures 11 et 12 présentent les émissions de poussières mesurées sur des chaudières bois en fonction du taux de charge, respectivement en pleine échelle (jusqu'à 3'000 mg/Nm^3) et jusqu'à 200 mg/Nm^3 (pour s'affranchir des fonctionnements anormaux).

C'est nous qui soulignons

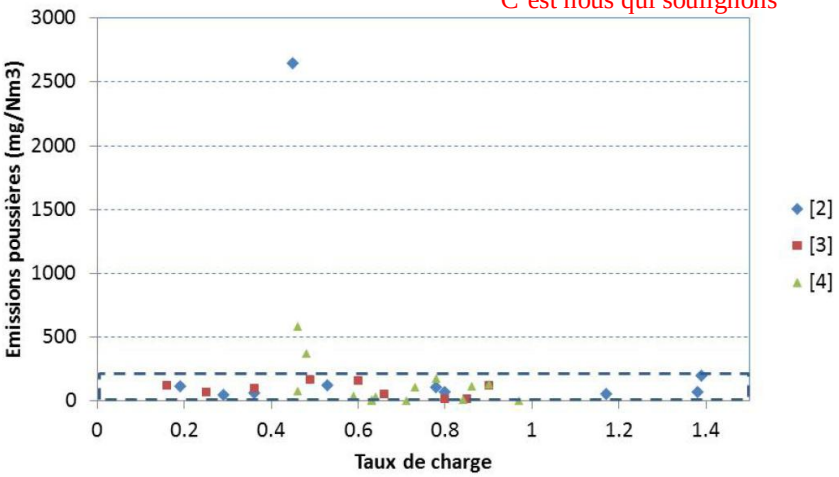


Figure 11 : Mesures d'émissions de poussières de chaudières bois collectives en fonction du taux de charge [2,3,4], pleine échelle

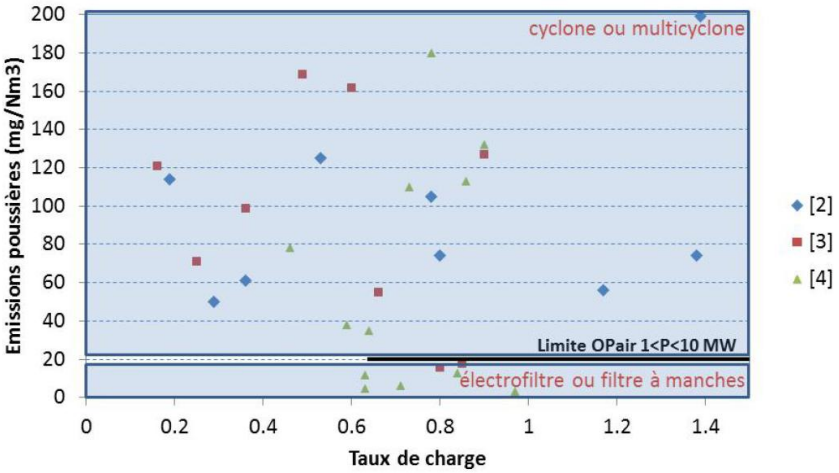


Figure 12 : Mesures d'émissions de poussières de chaudières bois collectives en fonction du taux de charge [2,3,4], zoom sur la zone <200 mg/Nm^3

On note que la majorité des installations étudiées présentent des taux d'émission de poussière inférieurs à 200 mg/Nm^3. L'effet du taux de charge n'est pas flagrant. Peu d'installations se trouvent sous le seuil OPair de 20 mg/Nm^3 pour les installations de puissance comprise entre 1 et 10 MW, mais il est à noter qu'en France les valeurs limites d'émission de poussières par les chaudières bois sont différentes : en dessous de 2 MW, aucune valeur n'est encore applicable, entre 2 et 4 MW, la limite est à 150 mg/Nm^3, entre 4 et 10 MW à 100 mg/Nm^3 (NB : la réglementation est en cours de durcissement).

(page 38)

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

> D'autre part, on peut nettement corréler les taux d'émission observés avec les technologies de filtration employées : dans les cas où un électrofiltre ou un filtre à manches est en place, les émissions de poussières sont contenues en dessous de 20 mg/Nm^3, tandis que s'il y a seulement un cyclone ou un multicyclone, les émissions sont systématiquement supérieures.

(page 39)

Donc,

1. Les grandes chaudières centralisées ont des "fonctionnements anormaux". L'argument comme quoi cela les différencierait des petites décentralisée ne tient pas. A ce moulin, l'étude citée en source ajoute cette eau

> La chaufferie était initialement composée de deux chaudières bois de 2 MW et 650 kW, ainsi que d'un point de raccordement pour une chaudière mobile au mazout en cas de panne des chaudières bois. Suite aux nombreux dysfonctionnements observés durant les premières années de fonctionnement, CABC a fait l'acquisition d'une chaudière mazout fixe de 2 MW fin 2010. Une réserve de place pour la connexion d'une chaudière bois

(page 48)

2. Lors de ces "dis-&-fonctionnements anormaux" la production de particules fines peut atteindre 3'000 mg/Nm^3 exceptionnellement (un seul point sur le graphe), et 500 couramment. 500. Pas 20.
3. Hors "dis-&-fonctionnements anormaux" elle est de l'ordre de 200 mg/Nm^3. 200. Pas 20.
4. Avec certaines technologies de filtre, on maintient la production sous la limite légale de 20 mg/Nm^3. Le texte ne dit pas si c'est pendant les "dis-&-fonctionnements anormaux" aussi. Les mesures montrent une grande dispersion dans ce domaine : tabler sur 5 mg/Nm^3 ou moins est illusoire. De facto, la valeur de 10 mg/Nm^3 pour la comparaison en page 18 de ce travail n'est pas irréaliste.

De fait

- les grandes chaudières centralisées équipées de certains filtres produisent au Nm^3 des quantités de poussières fines à peine inférieures aux poêles hydro bûches homologués Energie Bois Suisse décentralisés sans filtres.
- Si ceux-ci sont équipés d'un filtre sous la forme d'une installation solaire thermique qui couvre 50% + des besoins annuels ECS et chauffage, leur production annuelle de particules fines devient équivalente à celle des meilleures chaudières centralisées équipées des meilleurs filtres.
- Si toujours ceux-ci sont en outre équipés d'un filtre à particules avec 80% de rendement, leur production annuelle de particules fines est inférieure à celle des meilleures chaudières centralisées équipées des meilleurs filtres.
- Ces résultats ci-dessus s'appliquent d'autant aux poêles hydro décentralisés à granulés. Et dito les chaudières hydro bûches ou granulés décentralisées.

La performance meilleure des chaudières centralisées en termes de production de particules fines versus les poêles hydro bûches homologués Energie Bois Suisse ne tient pas.

Du point de vue écologiquement et socialement pertinent d'une production de particules fines à la personne comme en page 18 de ce travail, alors les projets solaires thermique & bois décentralisés, via conjonction de la réduction des consommations + l'installation solaire thermique + le filtre à particule ont à une production de particules fines par personne et par an de plusieurs ordres de grandeur inférieur à celle de chaudières centralisées pour des habitants de bâtiments non performants semblables (type villa).

Or la meilleure performance environnementale des grandes chaudières centralisées est un mantra qu'on entend partout de la bouche d'ingénieurs, d'architectes, de politiques, et de l'OFEN. Il serait temps que cela cesse.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

C. Coût du kWh

C.1 Coût dans le cas d'un CaD mesuré : Cartigny, GE. TTC ?

IV.B.4 Coût au kWh

Les coûts précédemment détaillés ont été rapportés au nombre de kWh vendus chaque année sur le réseau (cf. Figure 67). L'année 2008 n'est pas représentative en raison de la connexion progressive des clients du CAD : elle ne figure pas sur le graphique.

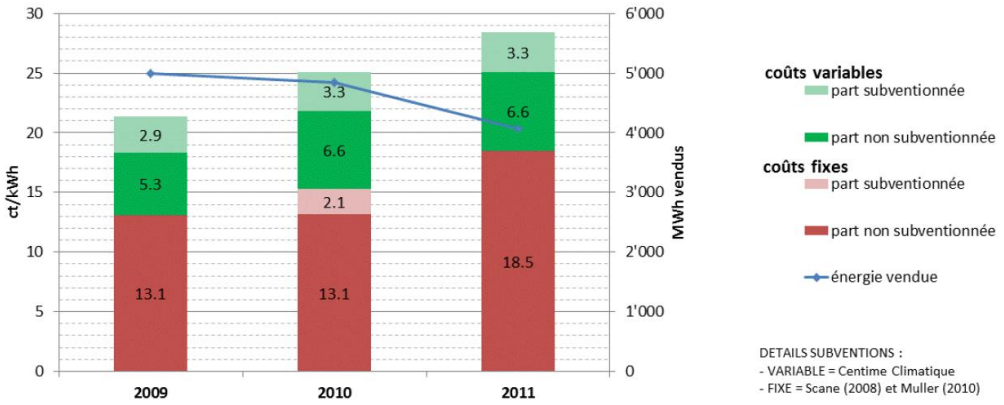


Figure 67 : Répartition coûts fixes/coûts variables et part subventionnée en ct/kWh vendu (2009 à 2011)

Le coût réel au kWh se situe entre 21 et 28 ct/kWh selon les années, le coût à charge des usagers entre 18 et 25 ct/kWh (après déduction des subventions). Ce montant est plus élevé que le prix promis au moment du montage du projet, qui était de 14 ct/kWh. La part fixe est importante et non subventionnée (sauf ponctuellement), la part variable est subventionnée à hauteur du tiers.

(page 111)

Donc,

- Ce coût mesuré était de l'ordre de 25 cts/kWh en moyenne autour des années 2010. Il ne peut vraisemblablement qu'être plus élevé en 2020. En outre pour une structure privée ce serait pire

  dans le temps. Notons que les coûts seraient plus élevés dans une structure privée, qui doit satisfaire à des exigences de rentabilité et présente des frais de structure et d'administration qui sont ici évités.

  (page 115)

- La livraison de chaleur concerne 7'400'000 kWh d'énergie primaire dans une "année normale". Le rendement global est de l'ordre de 65% au lieu de 85% pour un poêle hydraulique homologué Energie Bois Suisse sans réseau de distribution et pertes dans la pièce[21].

	énergie primaire		pertes production		pertes distribution		consom. utile	
2011	6.2 GWh	85%	0.9 GWh	14.5%	1.3 GWh	21%	4 GWh	64.5%
hiver	5.25	conso hiver	0.8	15%	0.9	17%	3.55	68%
été	0.95		0.1	10%	0.4	43%	0.45	47%
année normale	*7.4 GWh*		*1.1 GWh*	*15%*	*1.3 GWh*	*17.5%*	*5 GWh*	*67.5%*

Le rendement global de l'installation est de 64% sur 2011 (il a été estimé à plus de 67% pour une année normale). Le rendement de production moyen s'élève à 85%. **Les pertes réseau rapportées à l'énergie distribuées sont élevées** (25%) **du fait de la faible densité du réseau**, mais seraient légèrement inférieures dans le cas d'une année normale (20-21%).

(page 9)

Répartis sur 120 objets de type villa plus "quelques gros consommateurs".

[21] Sur des besoins de 30'000 kWh/an en page 18 de ce travail, ce rendement global de 65% aboutirait à ~46'000 kWh de consommation finale. Les 40'000 kWh estimés pour le calcul de la production de particules fines à la personne ne sont donc pas trop élevés.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

l'installation de deux chaudières bois de 2 MW et 650 kW. Le réseau mesure 6 km et alimente environ 120 preneurs (essentiellement des villas et quelques gros consommateurs). La consommation annuelle de chaleur par les preneurs est de l'ordre de 5 GWh. L'étude a été menée sur une année complète (2011) et couvre les aspects (page 5)

La proportion de ces gros consommateurs est inconnue. Sous l'hypothèse qu'ils totalisent pour 50% des besoins, cela met la villa à 30'800 kWh/an de consommation finale. Soit un CECB de type D/E[22]. L'hypothèse de 40'000 kWh/an pour une villa branchée à un CaD faite en page 18 de ce travail pour le calcul des particules fines à la personne est donc plausible.

=> Loyer énergétique annuel : 30'800*0.25 = 7'700.- (environ 650.- / mois[23])

Note : lors du prédimensionnement Cartigny, le bureau d'ingénieur responsable du dimensionnement avait promis 14 cts le kWh ! (I.B.3 page 44 et aussi page 7, 12, 15) => même dans ces conditions le loyer annuel serait de ~4'300.- <=> 360.-/mois

C.2 Coût dans le cas Marmy (TTC)

- L'installation actuelle sans la distribution chauffage coûte ~40'000.- + ~4'200.- de combustible (28 stères feuillu à 150.-/stère, sur 20 ans) + 3'000 d'entretien (150.-/an de ramonage, sur 20 ans) = ~47'200.-
- Production de kWh finaux sur 20 ans[24] : (4'313+2'670) (page 13) * 20 => 139'660 => coût du kWh sur 20 ans : 33.7 centimes

=> Loyer énergétique annuel : 6'983*0.337 = 2'353.- (environ 200.- / mois)

Et il s'agit d'une installation solaire thermique plus chère car en façade, sensée produire ~30% qu'à 60° de pente, avec encadrement esthétique d'une porte, source d'un surcoût additionnel. Donc le loyer énergétique est inférieur, même dans ce cas défavorable, et même comparé aux promesses non tenues du CaD Cartigny.

Or les charges des systèmes CaD centralisés affirmés comme inférieurs à celles de systèmes décentralisés est un mantra qu'on entend partout de la bouche d'ingénieurs, d'architectes, de politiques, et de l'OFEN. Seul dans de l'habitat dense cela peut-être encore vrai. Et encore, les mesures promues par le Programme Bâtiment, en faisant baisser les besoins, augmentent la nécessité d'être dense pour rester rentable. Donc même dans le dense, à terme, cela ne sera plus vrai[25].

Donc, outre le fait que le coût du kWh qui fonde ce discours est obtenu au prix d'un gaspillage insoutenable de bois, il serait temps que cela cesse.

[22] L'hypothèse de 40'000 kWh/an pour une villa branchée à un CaD en même page 18, tirée de notre expérience, est donc également réaliste.

[23] Résultat cohérent déjà obtenu par ailleurs, par exemple sur le CaD de Domdidier http://www.sebasol.info/public/Pr%C3%A9sentation%20Rhyner%20%C3%A9nergie%20Sarl%20pour%20Arcam%201.3%2024.04.19.pdf page 7-14

[24] Grandeurs pessimiste utilisée pour calculer quelque chose : le poêle hydro est low-tech sans pièces mobiles, avec 220 heure de fonctionnement par an (page 13 : 110 feux à 2h en moyenne, à comparer aux 2000 h des chaudières du CaD de Cartigny <=> facteur 10 en moins) => c'est très peu => bien utilisé, longue durée de vie. Le solaire c'est de l'ordre de 1000h/an et c'est indéfiniment réparable (les installateurs Sebasol updatent des installations des années 70-80) => longue durée de vie.

[25] Donc sauf contrainte soviétique au branchement, ou perfusion soviétique du kWh, ou incitation au gaspillage par l'ajout continuel de nouveaux besoins inutiles, comment vont faire les CaDs – et en généralisant le paradigme de la réduction des besoins, tous les grands réseaux de distribution de quoi que ce soit (eau, électricité etc.) – pour survivre ? Serait-il trop demander aux politiques et autre économistes, de réfléchir aux conséquences de ce qui est souhaité et nécessaire : la réduction des besoins si on veut une civilisation soutenable sur une planète soutenable.

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Annexe F. Pour référence. Offre Marmy.

Rhyner Energie Sàrl

Tout pour votre bâtiment
Chauffage à bois
Solaire thermique et photovoltaïque
Expertises énergétiques

Rhyner Energie Sàrl Chemin de
Tabac-Rhône 12 1893 Illarsaz
T. +41 24 466 35 86
rhyner-energie.ch
info@rhyner-energie.ch

Mme et M. Sara et Emmanuel
Marmy
Chemin de la Forêt 22
1522 Lucens

Fully, le 2 avril 2019

Devis pour une installation solaire thermique, distribution chauffage et poêle hydraulique

DESIGNATION
Pose de 9 capteurs solaires (13.5 m2 nets) SEBASOL 2015 , intégrés en façade avec ferblanterie. Pose des vitres en vertical et fabrication adaptée des absorbeurs, avec ferblanterie
Pose des conduites solaires en tube de cuivre avec isolation épaisseur minimale 19 mm hors passages particuliers, compensateurs de dilatation si nécessaire et câble de sonde.
Fourniture et mise en place accumulateur combiné Jenni Energietechnick AG de 970L garanti 5 ans, avec champignon interne en inox 130L, échangeur bas 24ml/2.5m2, haut 24ml/2.5m2, isolation 130cm, manteau PVC bleu, groupe de sécurité, vase d'expansion de 100L. Mitigation.
Fourniture et mise en en place d'un groupe de circulation 3/4" avec pompe, 2 clapets anti-retour, soupape de sécurité, thermomètres, manomètres, débitmètre analogique, débitmètre numérique, vase d'expansion 60L, antigel. Régulation solaire Sora automatique avec affichage numérique des paramètres de fonctionnement. Charge de l'accumulateur en stratification 2 niveaux avec priorité ECS. Compteur de chaleur avec affichage numérique de la puissance produite et des kWh totaux. Connexion solaire au chauffe-eau

Partenaire:

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Mise en service et essais solaire

Fourniture et pose d'une régulation chauffage évoluée avec piquage différentiel de la température dans l'accumulateur pour utilisation optimale de l'énergie solaire dans un système de chauffage automatique. Rendue posé avec groupe hydraulique comprenant un circulateur label énergétique A, régulation électronique de chauffage, connexion de la sonde de température extérieure, programmation de la courbe de chauffe sur base d'une calorimétrie 384/2 du chauffagiste ou d'un bilan SIA 380/1 du thermicien.

Fourniture et pose d'un poêle hydraulique Wodkte Momo 8 KW (30%rayonnement soit 2,5 KW et 70% hydraulique dans l'accu soit 5.5 KW) avec groupe de charge, groupe de sécurité avec raccordement sur eau froide et écoulement, arrivée d'air primaire, tuyau d'arrivée d'air, mise en service. Raccordement à la cheminée.

Options possibles avant le démarrage des travaux (non comprises dans le présent coût) : branchement du lave-linge sur l'eau chaude solaire thermique + bois, idem le lave-vaisselle, séchoir à linge de COP 30+ (au minimum 10x mieux qu'un séchoir pompe à chaleur), alarme visuelle en chaufferie ou dans le couloir, économiseurs d'eau sur la distribution sanitaire, variflow solaire pour baisser la consommation électrique en hiver (important pour l'autonomie électrique hors-réseau), système de batteries low-tech-low-cost et mesure de rationalisation électriques pour sortir du réseau, dérivation pour chauffe d'une mini-serre agricole au solaire thermique en UBT (ultra-basse-température), passage dans les 3-5 ans pour contrôle du fonctionnement, autres

Total hors TVA	40 330.00
TVA	3 105.40
Total TVA comprise	**43 435.40**

Il est possible que ces options ne figuraient pas sur l'offre fournie au client. En général l'installateur en parle par oral. Elles sont mises ici par écrit pour illustrer la palette importante d'applications réalisables par un installateur en solaire thermique « qui touche ».

Garantie : totale de 2 ans. Au-delà : garanties spécifiques ou selon les normes usuelles.

Nous vous remercions de votre confiance et restons à votre disposition pour tous renseignements complémentaires

En vous remerciant d'avance, nous vous envoyons nos salutations ensoleillées.

Michel Carron pour Rhyner énergie Sàrl

Note : dans la situation Marmy, sur 20 ans, au coût actuel du bois.

- L'installation actuelle sans la distribution chauffage coûte ~40'000.- + ~4'200.- de combustible (28 stères feuillu à 150.-/stère) + 3'000.- de ramonages = ~ 47'200.-
- remplacée par une chaudière à granulés bois sans solaire thermique elle coûterait ~25'000.- avec silo et aspiration + 22'000.- consommation bois [26] +3'000 de ramonages => total ~ 50'000.-

Donc facture finale du même ordre sauf que l'installation Marmy actuelle

- avec 0.35 stères/an personne est soutenable tandis que la chaudière à granulés seule à 1.7 stère/an personne est d'un facteur 4 insoutenable
- à futur 1) est beaucoup moins sensibles aux variations du coût du bois et 2) permet si nécessaire l'autonomie électrique.

[26] (page 10) ~ (9'500+4'000) = 13'500 kWh à actuellement 8cts/kWh (coût granulés)

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021

Annexe G. Pour référence. Filtre à particules.

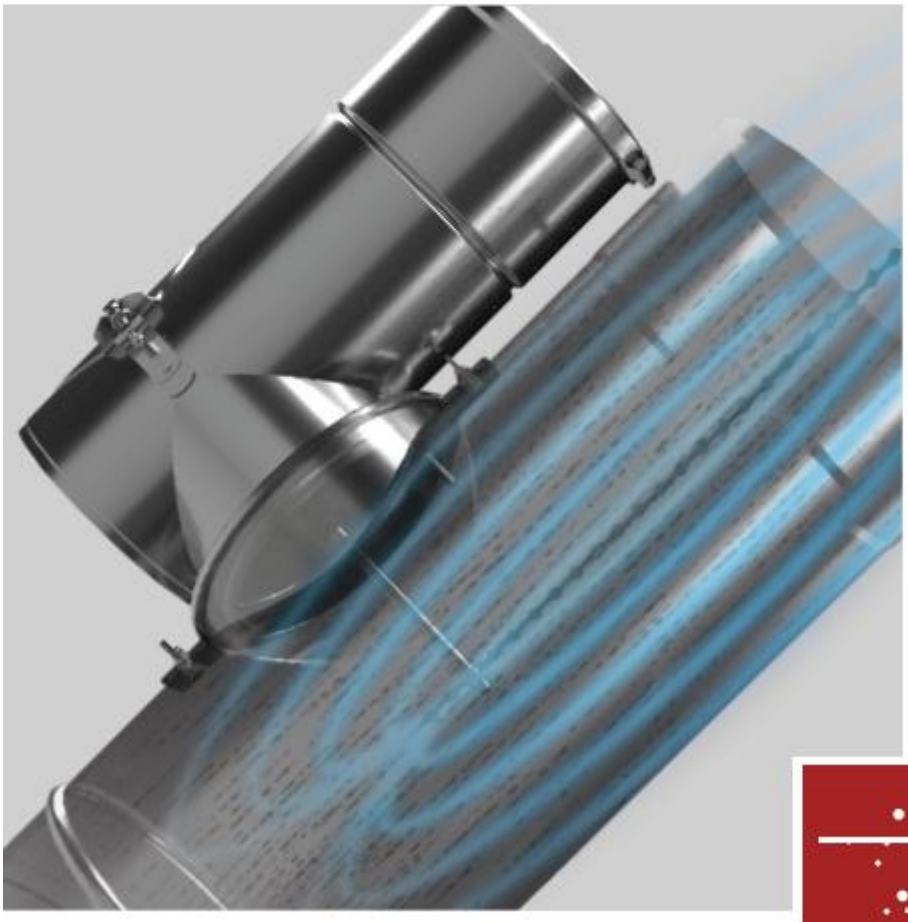
Innovation — Umwelt — Mensch

Kutzner + Weber

Die Feinstaubabscheider der Serie Airjekt® 1

passende Lösungen zur Feinstaubreduzierung

Produktblatt



Kutzner + Weber ist zertifiziert nach DIN EN ISO 9001

Irrtümer und technische Änderungen vorbehalten. Stand 3/2020, Version 1.0

Kutzner + Weber GmbH
Frauenstraße 32 · D-82216 Maisach
Tel.: +49 (0) 8141 / 9574-0 · Fax: +49 (0) 8141 / 9574-500
www.kutzner-weber.de · info@kutzner-weber.de

Hotline
Vertrieb: +49 (0) 8141 / 9574-118 · +49 (0) 8141 / 9574131 · +49 (0) 8141 / 9574120
Technik: +49 (0) 8141 / 9574-400

- Revendeur en Suisse : www.ruegg-cheminee.com
- Coût filtre à particules par installateur Sebasol, sans difficultés particulières, dans le cadre d'un mandat global : ~2'200.- TTC

© Pascal Cretton, Sebasol, - Bois et solaire – combinaison idéale pour la transition énergétique. Appliquée aux capteurs en façade. ERFA Swissolar 03.11.2020, updatée 11.01.2021