



solarcombi+

## Contacts

### Autriche :

AEE INTEC ([www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at))

### France :

TECSOL ([www.tecsol.fr](http://www.tecsol.fr))

### Allemagne :

Fraunhofer ISE

([www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de))

### Grèce :

CRES ([www.cres.gr](http://www.cres.gr))

### Italie :

EURAC ([www.eurac.edu](http://www.eurac.edu))

Université de Bergamo

([www.unibg.it](http://www.unibg.it))

### Espagne :

Ikerlan ([www.ikerlan.es](http://www.ikerlan.es))

### Partenaires industriels :

CLIMATEWELL ([www.climatewell.com](http://www.climatewell.com))

Fagor ([www.fagor.com](http://www.fagor.com))

SK Sonnenklima ([www.sonnenklima.de](http://www.sonnenklima.de))

SOLution ([www.sol-ution.com](http://www.sol-ution.com))

SorTech ([www.sortech.de](http://www.sortech.de))

### Pour plus d'informations :

Institut de recherche EURAC – Coordinateur de Projet

Viale Druso/Drususallee 1

I-39100 Bolzano/Bozen

Tel. +39 0471 055610

Fax +39 0471 055699

[Roberto.fedrizzi@eurac.edu](mailto:Roberto.fedrizzi@eurac.edu)



solarcombi+

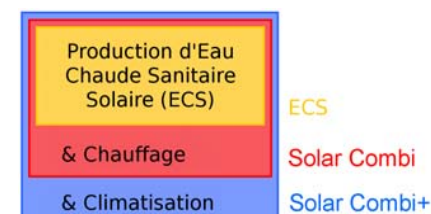


## Systèmes de climatisation et chauffage solaire de petites tailles

**Solutions packagées pour les Systèmes Solaires Combinés Plus (SSC+) de climatisation, de production d'eau chaude sanitaire, et de chauffage**

Solutions de systèmes standardisés

Solutions packagées sur le marché

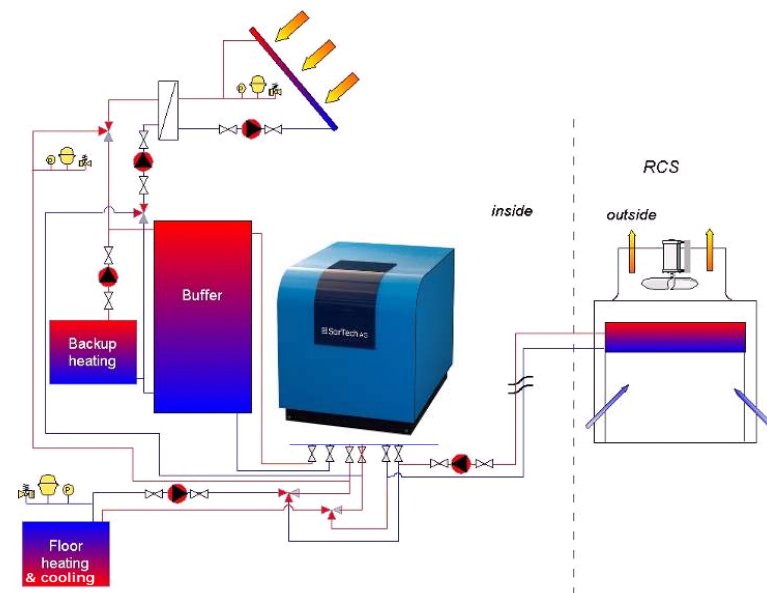


Février 2010



## Sommaire

Qu'est ce qu'un Système Solaire Combiné Plus ? .....	3
Régions climatiquement les plus prometteuses .....	4
Technologie de capteur la plus adaptée.....	6
Configuration Standard des Systèmes.....	9
Recommandations à la conception des systèmes .....	11
Système Packagé - Climatewell .....	14
Système Packagé - SOLution.....	16
Système Packagé - SorTech.....	18
Contacts .....	20



**Exemple: « Green Lighthouse Copenhagen »**  
**Le premier bâtiment à zéro émission de CO2 au Danemark**

Source de chaleur : 30 m<sup>2</sup> de capteurs plans  
Dissipation de chaleur : Tour sèche munie de spray d'eau (RCS 08)  
Distribution : Ventilo-convecteurs  
Ingénierie et Réalisation : COWI / Solar A/S / SorTech AG



Pour plus  
d'informations  
concernant les  
systèmes SorTech,  
visitez notre site  
web à l'adresse :  
[www.sortech.de](http://www.sortech.de)



## Système Packagé - SorTech

Chauffage et climatisation

Machines à adsorption de 8 ou 15 kW de capacité frigorifique

SorTech AG développe, fabrique et distribue des machines à adsorption de petite capacité. Ces machines sont compactes, de haute efficacité, et silencieuses. La consommation électrique d'une machine ACS 08 n'est que de 7 W – ce qui est mondialement inégalé. Une température d'eau chaude de seulement 55°C est suffisant au fonctionnement de la machine. C'est pourquoi les machines de SorTech correspondent parfaitement à des applications de climatisation solaire. De plus, ces machines peuvent très bien être utilisées en tant qu'appoint de chauffage grâce à son mode de pompe à chaleur.

Dans le cadre du projet SolarCombi+, SorTech propose maintenant des équipements auxiliaires pour simplifier le dimensionnement et pour faciliter l'installation et le fonctionnement du système.

Ainsi, SorTech ne propose pas uniquement des machines à adsorption, mais également des systèmes de dissipation de chaleur optimisés pour fonctionner couplés à la machine, et différentes solutions de stations hydrauliques. Ces stations hydrauliques incluent tous les composants nécessaires pour connecter le ballon tampon, le réseau de dissipation de chaleur, et la distribution en eau glacée à la machine à adsorption. De plus SorTech peut assister le client pour le dimensionnement du système.

Les machines à adsorption de SorTech ont été installées en Allemagne, Autriche, Suisse, Italie, Espagne, France, et Grèce. Les systèmes sont constitués de plusieurs variantes, notamment en ce qui concerne les composants tel que l'équipement de dissipation de chaleur et de distribution de l'eau glacée. Les machines proposées sont toujours fiables à des températures de fonctionnement variables.

## Qu'est ce qu'un Système Solaire Combiné Plus ?

Les Systèmes Solaires Combinés Plus (SSC+) valorisent la chaleur provenant de capteurs solaires thermiques pour le chauffage en hiver, la climatisation en été, et la production d'eau chaude sanitaire (ECS) tout au long de l'année. La figure ci-dessous présente les principaux composants qui constituent généralement ces systèmes : (i) des capteurs solaires thermiques qui produisent la chaleur utile parfois soutenue d'une source de chaleur d'appoint, (ii) un ballon de stockage qui peut être installé soit sur le circuit chaud (cf. figure 1), soit sur le circuit froid, soit sur les deux, (iii) une unité de préparation d'eau chaude sanitaire, (iv) une machine à sorption alimentée en eau chaude (70-100°C), (v) un équipement de dissipation de la chaleur à température intermédiaire (30-40°C) via une tour de aéro-réfrigérante (humide ou sèche) ou un autre puits de chaleur (e.g. une piscine), (vi) un réseau de distribution d'eau glacée (ventilo-convecteurs ou plafonds rafraichissants), et (vii) un réseau de distribution d'eau chaude (de préférence à basse température).

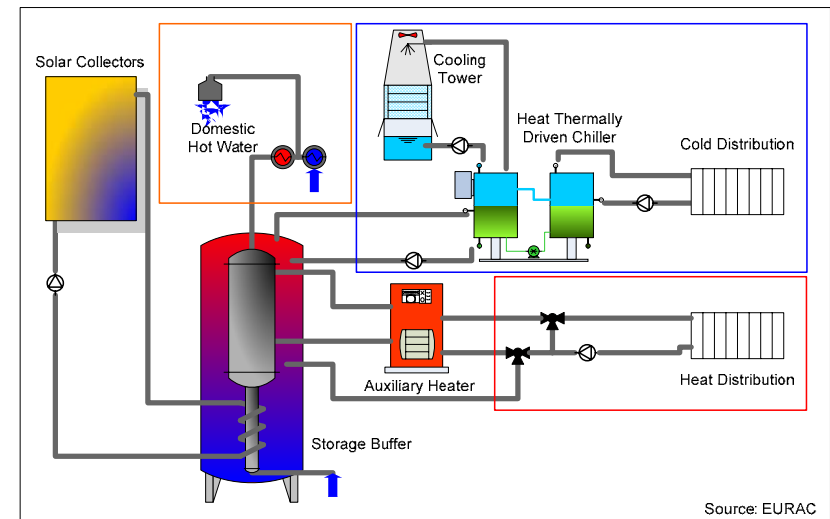


Figure 1 – Assemblage classique d'un système Solaire Combiné Plus



solarcombi+



solarcombi+

## Régions climatiquement les plus prometteuses

Les SSC+ conviennent principalement à des bâtiments ayant des besoins de chauffages et de climatisation. Les conditions climatiques sont donc un critère très influent pour la sélection et le dimensionnement de ce type de système. La Figure 2 est une carte de la distribution des degrés jours de chauffage en Europe. Les degrés jours unifiés (DJU) de chauffage sont définis comme la somme des différences entre la température moyenne à l'intérieur et celle à l'extérieur. Une température intérieure de 21°C a été prise pour hypothèse. La carte est divisée en 5 régions : Les deux régions avec un DJU > 5000 K ne sont pas adaptées à un système solaire combiné plus, car le besoin de rafraîchissement n'est pas assez grand. En outre, dans les régions dont le DJU est inférieur à 3000 K, certaines zones ont un besoin de chauffage très faible, et peuvent donc également être exclues.

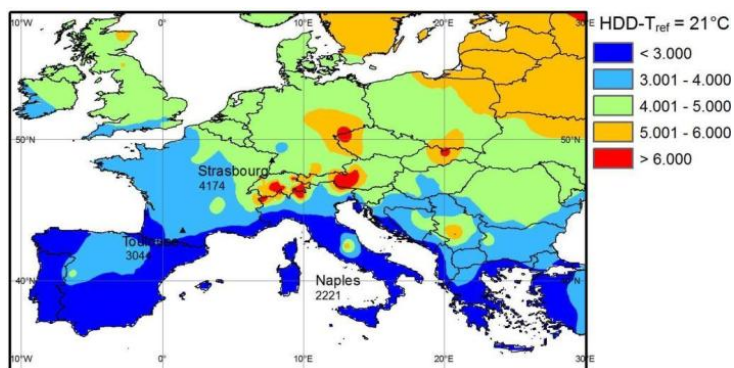
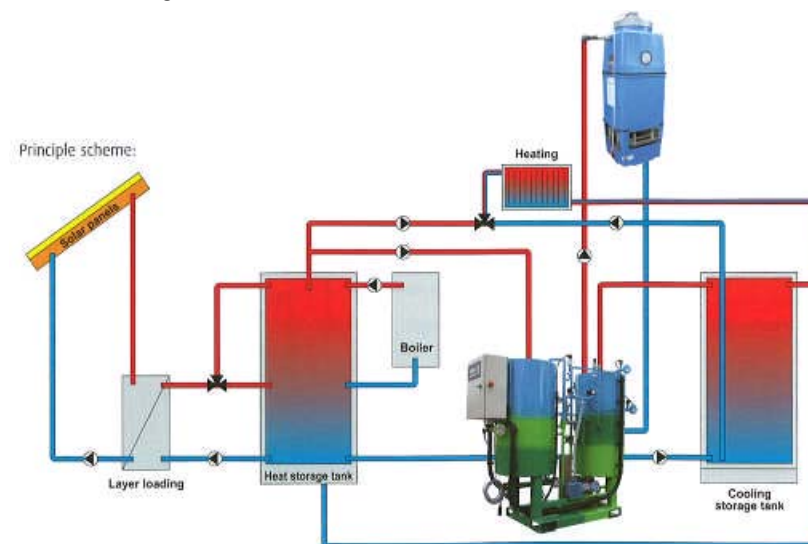


Figure 2 – Degrés Jours Unifiés (DJU) de chauffage en Europe

Tandis que le paramètre d'hiver (DJU de chauffage) est un très bon indicateur des besoins en chauffage dans le bâtiment, le paramètre d'été (DJU de climatisation) ne peut être utilisé qu'en première approximation car il ne tient pas compte de l'humidité (chaleur latente), des apports solaires et des apports internes, qui peuvent

## Schéma du système



### Venez nous rendre visite!

**SOLution** Solartechnik GmbH  
Gewerbestr.15  
A-4642 Sattledt  
Austria – Europe

**SOLution** peut aussi fournir les services suivants :

- Support technique
- Ingénierie de projet
- Installation de systèmes
- Mise en marche de systèmes

Visitez notre site web

[www.sol-ution.com](http://www.sol-ution.com)

et vous trouverez toutes les informations utiles sur l'entreprise et les systèmes solaires thermiques que SOLution peut fournir.







solarcombi+



solarcombi+

## Système Packagé - SOLution




SOLution propose des systèmes de climatisation et chauffage solaire avec des machines à absorption d'une capacité nominale de 15kW, 30kW et 54kW (systèmes disponibles jusqu'à 200kW sur demande).

Liquide absorbant : Bromure de Lithium

Réfrigérant : Eau



### Exemple de caractéristiques nominales des composants du pack :

	Eau glacée	Puissance frigorifique	15 kW
		Température d'entrée	17°C
		Température de sortie	11°C
		Débit	1.9 m³/h
	Eau chaude	Puissance thermique	21 kW
		Température d'entrée	90°C
		Température de sortie	80.5°C
		Débit	2 m³/h
	Eau de refroidissement	Puissance thermique	35 kW
		Température d'entrée	30°C
		Température de sortie	36°C
		Débit	5 m³/h
		COP thermique machine	0.71
		Consommation électrique	0.3 kW

augmenter fortement les besoins de climatisation du bâtiment. Le DJU de climatisation est défini de la même manière que le DJU de chauffage, mais en prenant comme référence une température intérieure de 26°C.

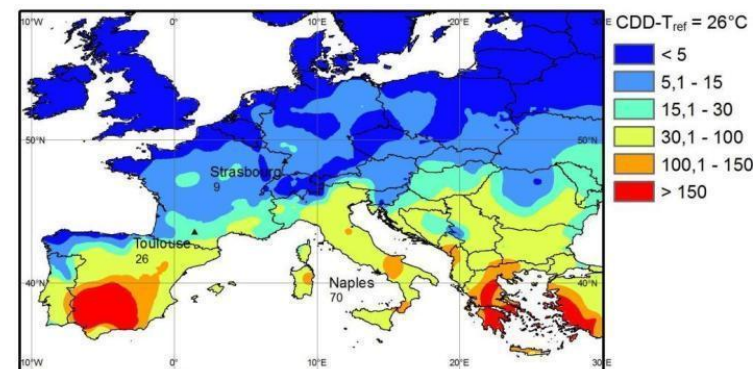


Figure 3 – Degrés Jours Unifiés (DJU) de climatisation en Europe

La carte ci-dessus est, là encore, divisée en plusieurs régions. La zone bleue a des besoins en climatisation assez faible ; pour le secteur résidentiel, ces besoins peuvent souvent être satisfaits en utilisant des solutions passives de rafraîchissement. Cependant, même dans ces pays d'Europe Centrale, les systèmes solaires combinés plus peuvent convenir pour des bâtiments possédants de forts gains internes (e.g. bâtiments de bureaux) ou des bâtiments existants subissant de forts apports solaires et où des mesures passives ne peuvent pas être appliquées.

Les pays au sud de l'Europe semblent avoir un plus fort potentiel pour l'implantation de systèmes de climatisation solaire que les pays sous les climats d'Europe Centrale en raison de leur plus grands besoins en climatisation et à leur plus fort taux d'ensoleillement. Cependant, seules les zones ayant aussi un besoin en chauffage important en terme d'énergie sont idéalement adaptées aux SSC+ car dans ce cas les capteurs solaires sont utilisés tout au long de l'année pour le chauffage et pour la climatisation.



solarcombi+



solarcombi+

## Technologie de capteur la plus adaptée

Plusieurs types de capteurs sont disponibles sur le marché. Ce qui détermine quel type de capteur est le mieux adapté à une certaine utilisation est principalement la température nécessaire pour le fonctionnement de ladite application. Pour les SSC+, 4 niveaux de températures sont significatifs :

- 40°C pour le chauffage à basse température
- 60°C pour la production d'ECS
- 70°C pour faire fonctionner une machine à adsorption
- 90°C pour faire fonctionner une machine à absorption

Les courbes d'efficacité des différents types de capteurs doivent être comparées en fonction du plus haut niveau de température requis. La Figure 4 présente les courbes d'efficacité pour 3 technologies de capteurs différents.

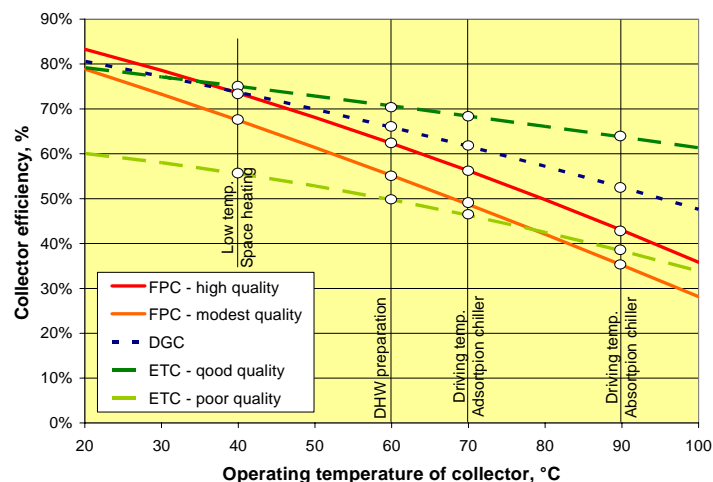
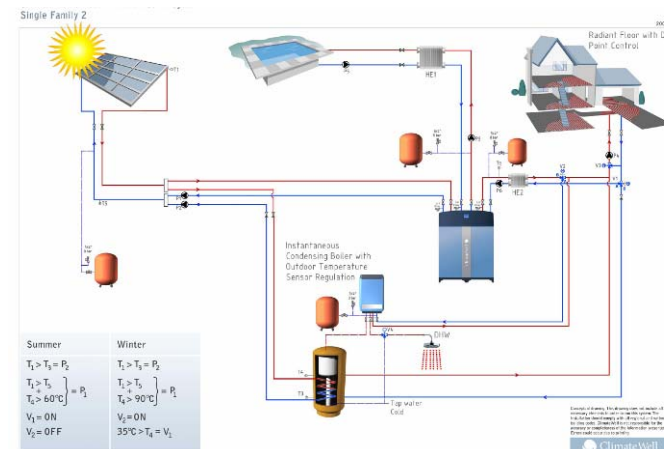
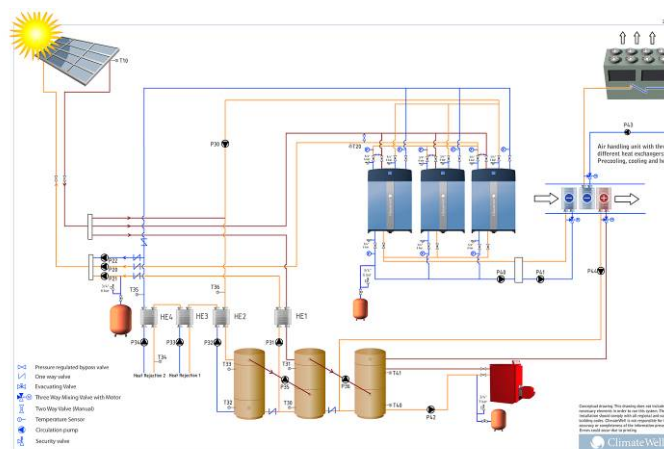


Figure 4 – Courbes d'efficacité de différents types de capteurs, basé sur la surface d'entrée des capteurs. (FPC – Capteurs Plans, DGC – Capteur plan à double vitrage, ETC – Capteur sous vide). Hypothèse: 800 W/m<sup>2</sup> d'ensoleillement total à incidence normale et à une température ambiante de 20°C.

## Schéma pour le petit résidentiel



## Schéma pour la petite hôtellerie



Pour plus d'informations concernant les systèmes Climatewell, visitez notre site web à l'adresse [www.climatewell.com](http://www.climatewell.com) ou contactez nous directement à l'adresse [info@ClimateWell.com](mailto:info@ClimateWell.com).



## Système Packagé - Climatewell

La technologie de climatisation solaire proposée par Climatewell combine les meilleures caractéristiques des procédés par absorption et par adsorption avec son système breveté de machine à absorption à trois étages. En sus des avantages communs à toutes les machines tel que la faible consommation électrique intrinsèque de la machine et l'absence de bruit, la machine Climatewell évite les problèmes de cristallisation et a une capacité de stockage intégrée.

Les bureaux de Climatewell sont présents à Stockholm et à Madrid, et une usine de fabrication est implantée à Olvega en Espagne.



No. of Employees:	63
Turnover in 2008:	3,5 M EUR
No. of Orders:	>1000 units
Manufacturing Capacity:	1000 units/year

Dans le cadre du projet SolarCombi+, des systèmes packagés ont été développés ce qui allège grandement le travail de dimensionnement pour chaque projet, entraînant de ce fait une diminution du coût final de l'installation. Certains des résultats issus de ce travail sont présentés sur la page suivante, et de plus amples informations sur ce système packagé peuvent être récupérées sur le livrable 4.4 en téléchargement libre sur la page web du projet SolarCombi+.

Différentes solutions ont été développées pour satisfaire au mieux différentes applications. Les schémas ci-après conviennent respectivement pour des applications tel que le petit résidentiel et l'hôtellerie de petite capacité (quelques dizaines de chambres).

La première chose à noter, c'est qu'il existe sur le marché des capteurs de qualités très différentes. Les courbes rouge et orange correspondent à des capteurs plans respectivement de bonne qualité, et de qualité moyenne. Pour les capteurs à tubes sous vide, cette différence entre bons et mauvais capteurs est encore plus marquée. Entre ces deux derniers types de capteurs, les capteurs plans à double vitrage sont récemment entrés sur le marché. Ces derniers sont en fait des capteurs plans sur lesquels a été ajouté un double vitrage, ou un revêtement en téflon pour réduire les pertes thermiques du capteur.



Figure 5: Capteurs plans (source de la photo : Sonnenklima)

A faible température (nécessaire pour les chauffages à basse température) la différence d'efficacité entre les différents types de capteurs est relativement faible (sauf pour les capteurs à tubes sous vide qui ne sont pas adaptés pour cette application). Cependant, plus la température requise est élevée, plus il est important d'opter pour un capteur de bonne qualité. Les capteurs à tubes sous vide sont ceux ayant les pertes thermiques les plus faibles, ainsi ils conviennent plutôt à des applications à haute température. Cependant, même parmi les capteurs à tube sous vide, il est important de choisir des capteurs de bonne qualité. D'autre part, les capteurs plans ou les capteurs plans à double vitrage peuvent, dans beaucoup de cas, quasiment égaler les performances des capteurs à tubes sous vide. Il peut donc parfois être plus intéressant de prévoir une surface de





capteur plans standard ou à double vitrage légèrement plus grande, plutôt que d'investir dans des capteurs à tubes sous vide de bonne qualité qui peuvent parfois être beaucoup plus chers. Pour chaque application, des simulations annuelles sont recommandées pour identifier la meilleure technologie de capteur en fonction du niveau de température requis et de l'ensoleillement disponible.



Figure 6: Capteurs à tubes sous vide sur la Marina de Venise, Italie (source de la photo : Climatewell)



Figure 7: Capteurs plans à double vitrage sur le centre commercial de Gleisdorf, en Austria (source de la photo : AEE INTEC)



Figure 13 – Système de climatisation solaire installé en toiture à Grenade en Espagne (source: IKERLAN)

**Eviter l'utilisation d'un appoint chaud à énergie fossile pour les applications de climatisation**

Pour réduire les consommations en énergie fossile de l'appoint une solution consiste à installer une chaudière à bois, utiliser un réseau de chaleur existant, ou encore une PAC électrique comme appoint froid. Cela augmentera les économies d'énergie primaire, mais augmentera également le coût d'investissement du système par rapport à une solution sans appoint.

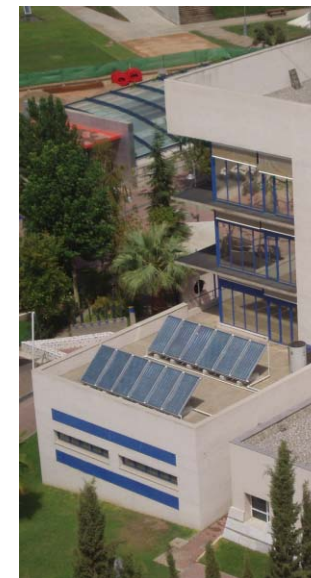


Figure 14 – Vue aérienne du système de climatisation solaire à Grenade, Espagne (source: IKERLAN)





### Utiliser une distribution par plafonds rafraîchissants

Les plafonds rafraîchissants sont plus adaptés comparés à des ventilo-convecteurs. En effet, ils fonctionnent à un niveau de température d'eau glacée dans le circuit de distribution plus élevé, ce qui avantage les performances de la machine à sorption. Cependant, ils sont plus chers et plus difficiles à utiliser en mode chauffage pour des applications dans le secteur résidentiel et les bureaux.



Figure 11: Plafonds rafraîchissants dans une école à Butzbach, Allemagne (source: Fraunhofer ISE)



Figure 12 – Système de chauffage et de climatisation solaire dans un bâtiment administratif municipal à Vienne, Autriche (source: SOLution)

### Considérer un système solaire autonome pour la climatisation

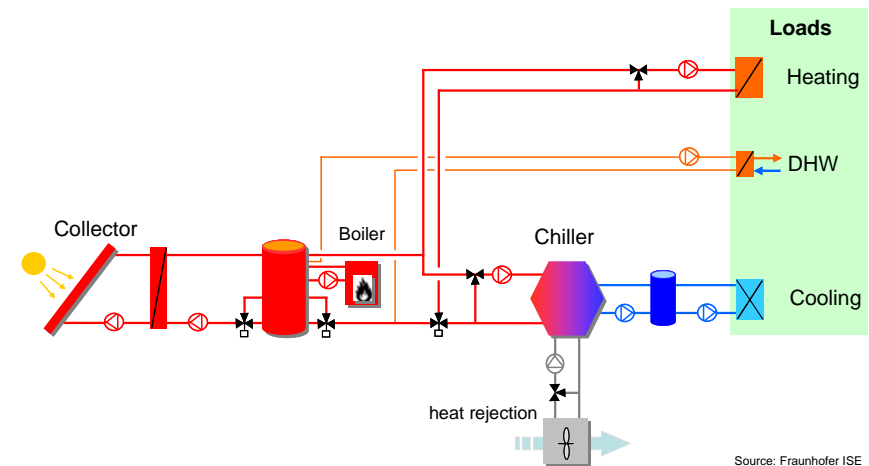
Pour maximiser les économies en énergie primaire, un système devrait toujours être conçu sans appoint froid pour le rafraîchissement en été. Si la puissance du système est suffisante, la couverture solaire pour le rafraîchissement peut être au dessus de 90% ; ainsi l'utilisation d'un système d'appoint froid peut être évité.



### Configuration Standard des Systèmes

Les figures suivantes présentent deux configurations de systèmes pour des installations de chauffage, climatisation, et de préparation d'eau chaude sanitaire de petite taille.

La première configuration, présentée dans la Figure 8 est composée d'un ballon de stockage stratifié dans lequel les différents niveaux de température sont exploités pour le chauffage, la production d'ECS, et pour le fonctionnement de la machine à sorption. Ce ballon est chauffé par l'énergie solaire mais également par la chaudière d'appoint. Pour charger ce stockage avec l'énergie solaire, une vanne trois voies est installée permettant de renvoyer vers les capteurs de l'eau plus ou moins chaude, en soutirant au point bas ou au milieu du ballon. Ce système permet d'atteindre plus rapidement la température requise par la machine à sorption.



Source: Fraunhofer ISE

Figure 8 – Configuration standard de système avec la chaudière d'appoint chauffant le ballon de stockage chaud principal



De la même façon, le retour de la machine à sorption ou du circuit de chauffage peut être injectée dans le ballon à différentes hauteurs en fonction de son niveau de température.

En été, l'énergie est soutirée du ballon pour alimenter la machine à sorption. Pour la production d'eau chaude sanitaire, un échangeur externe est utilisé. En hiver, l'énergie présente dans le ballon de stockage est utilisée pour le chauffage et la préparation d'ECS.

La configuration présentée en Figure 9 est adaptée au marché espagnol où il n'est pas autorisé d'utiliser une chaudière d'appoint pour chauffer le ballon de stockage. Ainsi, la chaudière d'appoint est connectée en série au ballon de stockage solaire.

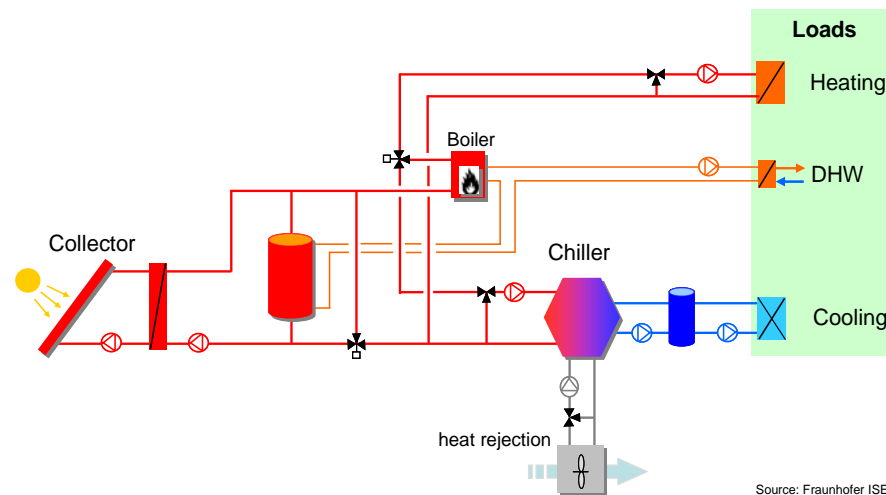


Figure 9 – Configuration standard de système avec la chaudière d'appoint montée en série du ballon de stockage solaire.

## Recommandations pour la conception des systèmes

Ci-dessous sont présentées quelques recommandations pour la conception des systèmes SSC+. Elles sont basées sur des résultats de nombreuses simulations de différentes configurations de systèmes implantés dans différents climats (européens) ; ces simulations ont été réalisées dans le cadre du projet Européen SolarCombi+.

### Une grande surface de capteurs est plus performante

Les systèmes bien dimensionnés ont une surface de capteurs de 3,5 à 5 m<sup>2</sup>/kWfrigo (puissance nominale de la machine à sorption), et un stockage chaud d'un volume compris entre 50 et 75 litres/m<sup>2</sup> (surface d'entrée de capteurs).

Si ce système est dimensionné à partir de ces ratios, des taux de couverture solaires assez élevés peuvent être obtenus, et le système peut fonctionner en se rapprochant de son optimum en termes d'économies d'énergie primaire et d'économies financières.



Figure 10: Machine à adsorption de 7.5 kW (source : SorTech)

### Mettre en place un algorithme de régulation optimisé

Les lois de régulation influencent considérablement les performances de ce type de systèmes et notamment en ce qui concerne la couverture solaire et ses consommations parasites. Cela signifie que l'optimisation de la régulation du système au cas pas cas, en fonction de la zone géographique, de l'application visée, et de la configuration, offre un fort potentiel d'amélioration des performances. En particulier la régulation des pompes et des ventilateurs de la dissipation de chaleur doit être étudiée.