



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS  
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

[www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr](http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr)

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

**SYSTÈMES SOLAIRES COMBINÉS  
EN HABITAT INDIVIDUEL  
CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT**

JUILLET 2013

RENOVATION

# ÉDITO

**L**e Grenelle Environnement a fixé pour les bâtiments neufs et existants des objectifs ambitieux en matière d'économie et de production d'énergie. Le secteur du bâtiment est engagé dans une mutation de très grande ampleur qui l'oblige à une qualité de réalisation fondée sur de nouvelles règles de construction.

Le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a pour mission, à la demande des Pouvoirs Publics, d'accompagner les quelque 370 000 entreprises et artisans du secteur du bâtiment et l'ensemble des acteurs de la filière dans la réalisation de ces objectifs.

Sous l'impulsion de la CAPEB et de la FFB, de l'AQC, de la COPREC Construction et du CSTB, les acteurs de la construction se sont rassemblés pour définir collectivement ce programme. Financé dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie grâce à des contributions importantes d'EDF (15 millions d'euros) et de GDF SUEZ (5 millions d'euros), ce programme vise, en particulier, à mettre à jour les règles de l'art en vigueur aujourd'hui et à en proposer de nouvelles, notamment pour ce qui concerne les travaux de rénovation. Ces nouveaux textes de référence destinés à alimenter le processus normatif classique seront opérationnels et reconnus par les assureurs dès leur approbation ; ils serviront aussi à l'établissement de manuels de formation.

Le succès du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » repose sur un vaste effort de formation initiale et continue afin de renforcer la compétence des entreprises et artisans sur ces nouvelles techniques et ces nouvelles façons de faire. Dotées des outils nécessaires, les organisations professionnelles auront à cœur d'aider et d'inciter à la formation de tous.

Les professionnels ont besoin rapidement de ces outils et « règles du jeu » pour « réussir » le Grenelle Environnement.

**Alain MAUGARD**

Président du Comité de pilotage du Programme  
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »  
Président de QUALIBAT



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

## « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

[www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr](http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr)

# AVANT- PROPOS

Afin de répondre au besoin d'accompagnement des professionnels du bâtiment pour atteindre les objectifs ambitieux du Grenelle Environnement, le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a prévu d'élaborer les documents suivants :

Les **Recommandations Professionnelles** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques de référence, préfigurant un avant-projet NF DTU, sur une solution technique clé améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur vocation est d'alimenter soit la révision d'un NF DTU aujourd'hui en vigueur, soit la rédaction d'un nouveau NF DTU. Ces nouveaux textes de référence seront reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Les **Guides** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter.

Les **Calepins de chantier** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des mémentos destinés aux personnels de chantier, qui illustrent les bonnes pratiques d'exécution et les dispositions essentielles des Recommandations Professionnelles et des Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Les **Rapports** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » présentent les résultats soit d'une étude conduite dans le cadre du programme, soit d'essais réalisés pour mener à bien la rédaction de Recommandations Professionnelles ou de Guides.

Les **Recommandations Pédagogiques** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents destinés à alimenter la révision des référentiels de formation continue et initiale. Elles se basent sur les éléments nouveaux et/ou essentiels contenus dans les Recommandations Professionnelles ou Guides produits par le programme.

L'ensemble des productions du programme d'accompagnement des professionnels « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » est mis gratuitement à disposition des acteurs de la filière sur le site Internet du programme : <http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>



# Sommaire

<b>1 - DOMAINE D'APPLICATION .....</b>	<b>7</b>
<b>2 - RÉFÉRENCES .....</b>	<b>8</b>
2.1. • Références réglementaires .....	8
2.2. • Références normatives .....	9
2.3. • Autres documents .....	12
<b>3 - DÉFINITIONS .....</b>	<b>14</b>
<b>4 - LES SOLUTIONS EN RÉNOVATION .....</b>	<b>16</b>
4.1. • Les systèmes solaires combinés indirects .....	17
4.1.1. • Principe de fonctionnement .....	17
4.1.2. • La production d'eau chaude sanitaire .....	18
4.1.3. • Le système d'appoint .....	18
4.2. • Les systèmes solaires combinés directs .....	21
4.2.1. • Sans ballon de stockage .....	21
4.2.2. • Avec ballon de stockage .....	22
4.3. • Les systèmes autovidangeables .....	23
<b>5 - PRÉ-DIAGNOSTIC DE L'INSTALLATION EXISTANTE .....</b>	<b>25</b>
5.1. • Posséder une surface suffisante et optimale .....	25
5.1.1. • L'inclinaison .....	26
5.1.2. • L'orientation .....	28
5.1.3. • Les masques .....	28
5.2. • Posséder un emplacement suffisant pour recevoir le stockage .....	30
5.3. • Prendre en compte les spécificités du solaire .....	31
5.4. • Prévoir l'implantation du chantier .....	31
5.5. • Étudier les caractéristiques de l'installation de chauffage existante .....	31
5.6. • Exemple de fiche pratique .....	32
<b>6 - DIMENSIONNEMENT DE LA SURFACE DES CAPTEURS SOLAIRES .....</b>	<b>37</b>
6.1. • Calcul des déperditions de base des bâtiments .....	37
6.1.1. • Principe du calcul des déperditions .....	37
6.1.2. • Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois .....	38
6.1.3. • Déperditions linéiques aux liaisons des différentes parois .....	38
6.1.4. • Déperditions par renouvellement d'air et infiltrations .....	38
6.1.5. • La température extérieure de base du lieu .....	39
6.1.6. • Les relevés nécessaires pour le calcul des déperditions .....	40
6.2. • Calcul des besoins de chauffage .....	42
6.2.1. • Les apports gratuits internes journaliers (occupants et appareils) en kWh/j .....	43
6.2.2. • Les apports gratuits externes journaliers (apports solaires) en kWh/j .....	43
6.2.3. • Le taux de récupération des apports gratuits .....	44



6.3. • Calcul des besoins d'eau chaude sanitaire .....	44
6.4. • Préconisations pour un projet de chauffage solaire .....	45
6.5. • Calcul de la surface de capteurs solaires.....	46
6.5.1. • Système solaire avec charge indirecte.....	46
6.5.2. • Système solaire avec charge directe.....	47

## 7 - CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU STOCKAGE SOLAIRE ..... 48

7.1. • Le système solaire à charge directe .....	48
7.1.1. • Avec ballon de stockage .....	48
7.1.2. • Sans ballon de stockage.....	48
7.2. • Le système solaire à charge indirecte.....	49
7.2.1. • Dimensionnement du ballon de stockage .....	49
7.2.2. • Conception du ballon de stockage.....	49
7.2.3. • Le local .....	54
7.2.4. • Les réservations.....	56
7.2.5. • La stratification .....	56
7.2.6. • Les déperditions du ballon .....	57
7.2.7. • Raccordements hydrauliques.....	58

## 8 - CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU CIRCUIT PRIMAIRE SOLAIRE..... 61

8.1. • Canalisations .....	61
8.2. • Isolation thermique.....	63
8.3. • Le circulateur .....	64
8.4. • Systèmes évitant l'inversion du sens d'écoulement.....	65
8.5. • Système de purge .....	66
8.6. • Vase d'expansion solaire .....	68
8.7. • La soupape de sécurité .....	71
8.8. • La boucle de décharge.....	72
8.9. • Le liquide caloporteur .....	72
8.10. • Dispositif de remplissage, de vidange et de prélèvement .....	75
8.11. • Instruments de mesure et de contrôle.....	75

## 9 - L'INSTALLATION DE CHAUFFAGE EXISTANTE : LES POINTS D'ATTENTION ..... 76

9.1. • Le circulateur du circuit de chauffage existant .....	76
9.2. • Le vase d'expansion du circuit de chauffage existant .....	77
9.3. • La chaudière existante.....	77
9.4. • Le disconnecteur .....	78

## 10 - LE SYSTÈME DE RÉGULATION ..... 81

10.1. • Généralités.....	81
10.2. • Gestion de la récupération de l'énergie solaire.....	82
10.2.1. • Circulateur tout ou rien.....	82
10.2.2. • Circulateur à vitesse variable.....	83
10.2.3. • Cas particulier : fonction différentielle double .....	84
10.3. • Gestion de la décharge du ballon de stockage.....	86
10.4. • Les fonctions les plus fréquentes .....	89
10.4.1. • Température maximale du capteur solaire.....	89
10.4.2. • Fonction capteurs à tubes .....	90
10.4.3. • Fonction antigel.....	90
10.4.4. • Fonction refroidissement nocturne (vacances) .....	90
10.5. • Les sondes de température.....	91



<b>11 - LES RACCORDEMENTS ÉLECTRIQUES.....</b>	<b>93</b>
<b>12 - LES ÉMETTEURS .....</b>	<b>94</b>
12.1. • Le plancher chauffant.....	94
12.2. • Les radiateurs.....	95
12.3. • Les relevés nécessaires pour le calcul de la puissance des radiateurs existants.....	96
<b>13 - LES SCHÉMAS HYDRAULIQUES TYPES ET LES PRINCIPES DE RÉGULATION ASSOCIÉS .....</b>	<b>98</b>
13.1. • Règles générales .....	98
13.2. • Les symboles utilisés.....	99
13.3. • Système solaire à charge directe.....	99
13.4. • Système solaire à charge indirecte et raccordement en série ou réchauffage retour .....	100
13.4.1. • Cas général : alimentation d'un circuit de chauffage unique basse température.....	100
13.4.2. • Option 1 : alimentation d'un réseau d'émetteurs fonctionnant à basse température.....	103
13.4.3. • Option 2 : alimentation d'un réseau d'émetteurs fonctionnant à des niveaux de température différents.....	106
13.5. • Système solaire à charge indirecte et raccordement mixte ou maintien en température du haut du ballon de stockage.....	109
13.5.1. • Cas général : alimentation d'un circuit de chauffage unique basse température.....	109
13.5.2. • Option 1 : alimentation d'un réseau d'émetteurs fonctionnant à basse température.....	111
13.5.3. • Option 2 : alimentation d'un réseau d'émetteurs fonctionnant à des niveaux de température différents.....	114
13.6. • Système solaire à charge indirecte et raccordement en parallèle.....	117
13.6.1. • Alimentation d'un circuit de chauffage unique basse température .....	117

# DOMAINE D'APPLICATION

# 1



Ces Recommandations professionnelles ont pour objet de fournir les prescriptions techniques pour la conception et le dimensionnement des installations solaires individuelles destinées à la production d'eau chaude sanitaire et de chauffage, désignées systèmes solaires combinés (SSC).

Elles traitent de la conception et du dimensionnement :

- des capteurs solaires thermiques plans vitrés et sous-vide, à circulation de liquide, indépendants sur supports, semi-incorporés, incorporés ou intégrés en toiture ;
- des différents composants du circuit hydraulique assurant le transfert de chaleur des capteurs solaires vers le réservoir de stockage par l'intermédiaire d'un échangeur intégré ou non au réservoir. La circulation est forcée. Le circuit est rempli de liquide caloporteur avec antigel ou non. Il est autovidangeable ou non ;
- du réservoir de stockage de l'énergie solaire comportant ou non un dispositif d'appoint ;
- du système de régulation solaire ;
- du système d'appoint pour le chauffage et la production d'ECS ;
- de la distribution de chauffage et d'ECS (des émetteurs de chaleur tels que les planchers chauffants à dalle épaisse, par exemple).

Ces Recommandations ne visent pas les installations réalisées avec des capteurs solaires non vitrés et des capteurs solaires à air.

Elles s'appliquent à l'habitat existant situé en France Métropolitaine dans toutes les zones climatiques, hors climat de montagne conventionnellement caractérisé par une implantation du bâtiment à plus de 900 mètres d'altitude.

Le domaine d'application ne couvre donc pas les départements de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane et de la Réunion.



# RÉFÉRENCES

# 2



## 2.1. • *Références réglementaires*

- Circulaire du 9 août 1978 modifiée relative à la révision du Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT).
- Arrêté du 23 juin 1978 modifié relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation et de bureaux ou recevant du public.
- Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- Arrêté du 30 novembre 2005 modifiant l'arrêté du 23 juin 1978 relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public.
- Arrêté du 29 mai 1997 relatif aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine.
- Arrêtés du 22 octobre 2010 et du 19 juillet 2011 relatifs à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- Directive 2006/95/CE du 12 décembre 2006 concernant le rapprochement des législations des États membres relatives au matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension.
- Directive n° 97/23/CE du 29 mai 1997 relative au rapprochement des législations des États membres concernant les équipements sous pression.

- Décret 2004-924 du 1<sup>er</sup> septembre 2004 relatif à l'utilisation des équipements de travail mis à disposition pour des travaux temporaires en hauteur et modifiant le code du travail (deuxième partie : Décrets en Conseil d'État) et le décret n° 65-48 du 8 janvier 1965.
- Décret 2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets.
- Décret n°2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique (NOR : DEVP0910497D).
- Décret n°2010-1255 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.

## 2.2. • *Références normatives*

- NF EN 1991-1-3/NA Juillet 2011, Annexe nationale à l'Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-3 : Actions générales – Charges de neige.
- NF EN 1991-1-4/NA Juillet 2011, Annexe nationale à l'Eurocode 1 : Actions sur les structures – Parties 1-4 : Actions générales – Actions du vent.
- NF EN 1993-1-1/NA Mai 2007, Annexe nationale à l'Eurocode 3 : Calcul des structures en acier – Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments.
- NF EN 1993-1-8 Décembre 2005, Eurocode 3 Partie 1-8 : Calcul des assemblages
- NF EN 1995-1-1/NA, Annexe nationale à l'Eurocode 5 : Conception et calcul des structures en bois – Partie 1-1 : Généralités – règles communes et règles pour les bâtiments.
- NF EN 1998-1 : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments.
- NF EN 1999-1-1 Juillet 2010, Eurocode 9 – Calcul des structures en aluminium – Partie 1 –1 : Règles générales.
- NF EN 12828 Mars 2004, Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Conception des systèmes de chauffage à eau.
- NF EN 12975-1 : 2006, Installations solaires thermiques et leurs composants – Capteurs solaires – Partie 1 : Exigences générales.
- NF EN 12975-2 : 2006, Installations solaires thermiques et leurs composants – Capteurs solaires – Partie 2 : Méthodes d'essai.



- NF EN 12976-1 : 2006, Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations préfabriquées en usine – Partie 1 : Exigences générales.
- NF EN 12976-2 : 2006, Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations préfabriquées en usine – Partie 2 : Méthodes d'essais.
- NF EN 12977-1 : Janvier 2013, Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations assemblées à façon – Partie 1 : exigences générales pour chauffe-eau solaires et installations solaires combinées.
- NF EN 12977-2 : Janvier 2013, Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations assemblées à façon – Partie 2 : méthodes d'essai pour chauffe-eau solaires et installations solaires combinées.
- NF EN 12977-3 : Janvier 2013, Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations assemblées à façon – Partie 3 : méthodes d'essai des performances des dispositifs de stockage des installations de chauffage solaire de l'eau.
- NF EN 12977-4 : Janvier 2013, Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations assemblées à façon – Partie 4 : méthodes d'essai de performances des dispositifs de stockage combinés pour des installations de chauffage solaires.
- NF EN 12977-5 : Janvier 2013, Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations assemblées à façon – Partie 5 : méthodes d'essai de performances des systèmes de régulation.
- NF EN 13984 : 2007, Feuilles souples d'étanchéité – Feuilles plastiques et élastomères utilisées comme pare-vapeur – Définitions et caractéristiques
- NF EN 1487 : Décembre 2000, Robinetterie de bâtiment – groupe de sécurité– Essais et prescriptions.
- NF EN 15316-3-1 : Juillet 2008, Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthode de calcul des exigences énergétiques et des rendements des systèmes – Partie 3-1 : systèmes de production d'eau chaude sanitaire, caractérisation des besoins (exigences relatives au puisage).
- NF EN 15316-3-2 : Juillet 2008, Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthode de calcul des exigences énergétiques et des rendements des systèmes – Partie 3-2 : systèmes de production d'eau chaude sanitaire, distribution.
- NF EN 60335-1 : Mai 2003, Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 1 : prescriptions générales.

- NF EN 60335-1 : Juin 2006, Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 1 : prescriptions générales.
- NF EN 60335-2-21 : Novembre 2004, Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 2-21 : règles particulières pour les chauffe-eau à accumulation.
- NF EN 60335-2-21 : Mai 2005, Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 2-21 : règles particulières pour les chauffe-eau à accumulation.
- EN 62305-1 : Juin 2006, Protection contre la foudre – Partie 1 : Principes généraux (CEI 62305-1:2006).
- ISO/TR 10217 : Septembre 1989, Énergie solaire. Système de production d'eau chaude. Guide pour le choix de matériaux vis-à-vis de la corrosion interne.
- NF P 52-001 : Mai 1975, Soupapes de sûreté pour installations de chauffage – Spécifications techniques générales.
- NF EN ISO 9488 : janvier 2000, Energie solaire – Vocabulaire.
- NF EN 12613 : février 2002, Dispositifs avertisseurs pour ouvrages enterrés – Dispositifs avertisseurs détectables pour ouvrages enterrés.
- NF EN 1717 : Mars 2001, Protection contre la pollution de l'eau potable dans les réseaux intérieurs et exigences générales des dispositifs de protection contre la pollution par retour.
- Norme EN 13959 : Clapet anti-pollution du DN 6 au DN 250. Famille E, type A, B, C et D.
- NF P 84-204-1-1 : 2004, DTU 43.1 Travaux de bâtiment Etanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de plaine Partie 1-1 : cahier des clauses techniques
- NF P 40-201 : 1977, DTU 60.1 Plomberie sanitaire dans les bâtiments à usage d'habitation
- DTU 45.2 P1-1 Isolation thermique des circuits, appareils et accessoires de – 80°C à + 650°C.
- DTU 60.5 Canalisations en cuivre – Distribution d'eau froide et chaude sanitaire, évacuation d'eaux usées, d'eaux pluviales, installations de génie climatique.
- NF DTU 60.1, NF P 40-201 : Février 1977, Plomberie sanitaire dans les bâtiments à usage d'habitation.
- NF DTU 65.11 P1-2 : Septembre 2007, Travaux de bâtiment Dispositifs de sécurité des installations de chauffage central concernant le bâtiment.



- NF DTU 65.12 P1-1, Réalisation d'installations solaires thermiques avec des capteurs vitrés – Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types.
- NF DTU 65.12 P1-2, Réalisation d'installations solaires thermiques avec des capteurs vitrés – Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux.
- DTU P 06-006 de novembre 2008 Règle N 84 Action de la neige sur les constructions.
- DTU P 06-002 de février 2009 Règle NV 65 Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes.
- DTU 20.12 – NF P10-203-1 de septembre 1993 et NF P 40-201, Gros œuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité.
- DTU 43.1, travaux d'étanchéité des toitures-terrasses (pentes au plus égale à 5%) et toitures inclinées (pentes supérieures à 5%) avec éléments porteurs en maçonnerie.
- DTU 43.3, toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité.
- DTU 43.4, toitures en éléments porteurs en bois et panneaux dérivés du bois avec revêtement d'étanchéité.
- DTU 43.5, réfection des ouvrages d'étanchéité des toitures-terrasses ou inclinées.
- DTU 45.2, isolation thermique des circuits, appareils et accessoires de – 80°C à + 650°C.
- DTU 60.5, canalisations en cuivre –Distribution d'eau froide et chaude sanitaire, évacuation d'eaux usées, d'eaux pluviales, installations de génie climatique.

### 2.3. • *Autres documents*

- QUALIT'ENR – Manuel de formation Qualisol SSC pour les installateurs de systèmes solaires combinés en habitat individuel – 2012.
- QUALIT'ENR – Fiche qualité autocontrôle SSC – 2010.
- FFB – UECF, Fiches pratiques système solaire combiné – 2012.
- CSTB – cahier n°3651-2 et 3356 : Cahier de Prescriptions Techniques pour la mise en œuvre des écrans souples de sous toiture.
- Fiche pratique de sécurité ED 137 éditée par l'INRS, l'OPPBTP et l'Assurance Maladie.

- **Recommandations R467 de la Caisse Nationale d'Assurance Maladie :** « Pose, maintenance et dépose des panneaux solaires et photovoltaïques en sécurité ».
- « La nouvelle réglementation parasismique applicable aux bâtiments dont le permis de construire est déposé à partir du 1<sup>er</sup> mai 2011 », de janvier 2011, élaborée par le Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement.



# 3

## DÉFINITIONS

---



### **Générateur d'appoint**

Appareil de chauffage supplémentaire utilisé pour produire de la chaleur lorsque l'énergie fournie par le système solaire est insuffisante.

### **Système solaire combiné à charge indirecte**

Système où l'énergie produite par le solaire et/ou l'appoint est stockée dans un ballon de stockage par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur solaire.

### **Système solaire combiné à charge directe**

Système où la boucle de captage solaire circule directement dans les émetteurs de chaleur.

### **Ballon de stockage**

L'énergie produite par l'installation solaire (et par l'appoint le case échéant) est stockée dans un volume d'eau de chauffage. La production d'eau chaude sanitaire peut être intégrée à ce ballon (échangeur immergé ou ballon en bain marie).

### **Installation à capteurs remplis en permanence**

Installation dans laquelle les capteurs sont toujours remplis de fluide caloporteur selon NF EN ISO 9488.

### **Installation à capteurs autovidangeables**

Installation dans laquelle, au cours du fonctionnement normal, les capteurs se remplissent de liquide caloporteur quand la pompe se met en marche et se vident dans un réservoir lorsqu'elle s'arrête. Installation habituellement appelée installation autovidangeable.

## **Installation à circulation forcée**

Installation dans laquelle un circulateur est utilisé pour faire circuler le fluide caloporteur dans le(s) capteur(s).

### **Capteur plan**

Capteur solaire sans concentration dans lequel la surface de l'absorbeur est sensiblement plane.

### **Capteur sous vide**

Capteur dans lequel le vide est fait entre la couverture et l'absorbeur.

### **Champ de capteurs**

Groupe de capteurs étroitement raccordés en série, en parallèle ou selon une combinaison de ces deux modes, avec une entrée hydraulique et une sortie hydraulique.

### **Boucle de captage (ou circuit primaire)**

Circuit comprenant des capteurs, des tuyauteries ou conduits, une pompe ou circulateur et un échangeur (selon le cas) et servant au transport de la chaleur extraite des capteurs vers le ballon de stockage.

### **Capteur solaire indépendant sur support**

Est dit indépendant, un capteur solaire installé sur un support, n'assurant ni la fonction de couverture, ni celle de parement extérieur. Il est également appelé capteur en surimposition.

### **Capteur solaire semi-incorporé en toiture**

Est dit semi-incorporé, un capteur solaire n'assurant ni la fonction de couverture ou ni celle de parement extérieur mais qui, associé à un accessoire adéquat (bac d'étanchéité), constitue un ensemble assurant la fonction couverture.

### **Capteur solaire incorporé en toiture**

Est dit incorporé, un capteur solaire assurant la fonction de couverture ou de parement extérieur.

### **Capteur solaire intégré en toiture**

Est dit intégré, un capteur solaire placé sous un écran transparent, l'écran étant un élément de couverture (tuile en verre).



## LES SOLUTIONS EN RÉNOVATION

# 4



Un système solaire combiné (SSC) est un procédé solaire participant, en partie, à la couverture des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire de l'habitation. Il se compose :

- de capteurs solaires : ils assurent la transformation du rayonnement solaire en chaleur ;
- d'un système de transfert : il assure le transport des calories depuis les capteurs vers le lieu de stockage, soit directement, soit par le biais d'un échangeur de chaleur (incorporé ou non au stockage). Il comporte notamment le circulateur et la régulation associée ;
- d'un stockage (ballon et/ou émetteurs de chaleur) : il maintient l'eau de chauffage en température en vue de sa future utilisation.

Deux familles de systèmes solaires combinés cohabitent :

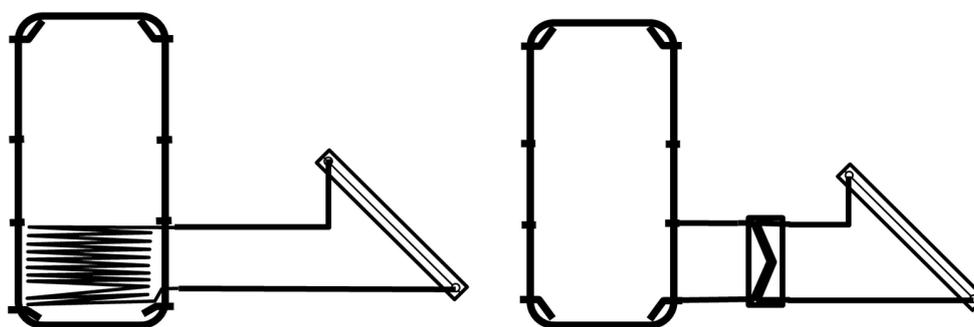
- les systèmes indirects : la chaleur produite par les capteurs solaires est stockée dans un ballon par l'intermédiaire d'un échangeur solaire ;
- les systèmes directs : la chaleur produite par les capteurs est directement injectée (pas d'échangeur solaire) dans l'émetteur de chaleur (par exemple, la dalle épaisse de plancher chauffant). L'ensemble de l'installation est glycolée.

## 4.1. • Les systèmes solaires combinés indirects

### 4.1.1. • Principe de fonctionnement

L'énergie produite par le solaire et/ou l'appoint est stockée dans un ballon de stockage. Ce dernier se présente sous la forme d'une cuve étanche, verticale et isolée thermiquement par une jaquette épaisse. Il contient de l'eau de chauffage (ou eau « morte »).

Comme illustré (Figure 1), l'échangeur solaire est intégré ou non au ballon de stockage.



▲ Figure 1 : Schéma de principe d'un ballon avec et sans échangeur intégré

Le ballon de stockage présente différentes zones (ou couches) permettant de stocker de l'énergie à différents niveaux de température. On trouve la zone :

- la plus froide en bas de ballon de stockage : elle est réservée au solaire ;
- la plus chaude en haut de ballon de stockage : elle assure la production d'eau chaude sanitaire (si cette dernière est prévue) ;
- intermédiaire : elle est utilisée pour alimenter le(s) circuit(s) de chauffage.

Une forte stratification du volume de stockage doit être recherchée. Elle permet un fonctionnement optimal des capteurs solaires en favorisant des températures à leurs entrées les plus basses possibles.

#### Commentaire

Afin de favoriser la stratification au sein du ballon de stockage, il faut préférer les réservoirs haut et étroit (un rapport hauteur sur diamètre supérieur ou égal à 2 est conseillé). Les volumes de stockage sont généralement compris entre 750 litres et 2000 litres pour des surfaces de capteurs solaires installées comprises entre 8 et 30 m<sup>2</sup>.



### 4.1.2. • La production d'eau chaude sanitaire

La production d'eau chaude sanitaire peut être assurée de différentes manières. Elle peut être :

- produite directement dans le ballon de stockage solaire destiné au chauffage : l'installation fonctionne sur le principe de la stratification de la température. L'ECS peut alors être produite :
  - en partie haute du ballon de stockage dans un ballon indépendant en bain marie ;
  - par un échangeur instantané immergé dans le ballon de stockage ;
  - par un échangeur extérieur à plaques.
- produite dans un ballon indépendant : le ballon de stockage ECS est du même type qu'un chauffe-eau solaire individuel (CESI) et les capteurs solaires sont raccordés au ballon de stockage assurant le chauffage (s'il existe) et au ballon de stockage d'ECS.

### 4.1.3. • Le système d'appoint

Pour les installations de chauffage solaire avec ballon de stockage, l'appoint peut être réalisé par un système de chauffage indépendant (poêle à bois, convecteurs électriques) ou plus généralement par un système de chauffage centralisé (chaudière, poêle hydraulique).

Pour un système avec appoint indépendant, deux configurations sont possibles :

- mise en place d'une zone de chauffe, de préférence en basse température (radiateurs, murs, planchers) ;
- mise en place de ventilo convecteurs alimentés par l'installation solaire.

Dans tous les cas, lorsque les apports solaires sont insuffisants, le complément est réalisé séparément. L'appoint est piloté par les dispositifs existants : les thermostats incorporés aux convecteurs électriques, le thermostat d'ambiance pour une pompe à chaleur, la régulation indépendante d'un poêle à granulés ou encore l'allumage manuel d'un poêle à bûches.

Pour un système avec appoint centralisé, une grande variété de systèmes existent suivant le type de production d'ECS, de circuit(s) de chauffage et le schéma de raccordement du système d'appoint. On trouve :

- un raccordement en série (appelé aussi réchauffage du retour) comme illustré (Figure 2) : l'eau de chauffage est préchauffée par la partie solaire, l'appoint fournit le complément s'il y a lieu. Une vanne à trois voies dirige le retour du circuit de chauffage soit vers le ballon de stockage, si sa température est



inférieure à la température du ballon, soit directement vers la chaudière ;

- un raccordement mixte (appelé aussi maintien en température en haut du stockage) comme illustré (Figure 3) : l'appoint et le circuit solaire sont raccordés à un même ballon de stockage afin de le porter à température suffisante. Ils peuvent fonctionner simultanément ou indépendamment en fonction de la demande ;
- un raccordement en parallèle comme illustré (Figure 4) : le circuit solaire et l'appoint ne peuvent pas fonctionner simultanément. Durant le fonctionnement de l'appoint, le circuit solaire stocke l'énergie dans le ballon de stockage. Une fois la température de consigne atteinte, l'appoint est coupé et seule la partie solaire est alors utilisée afin de chauffer le bâtiment. Dès que la température de départ du chauffage n'est plus suffisante, l'installation solaire chauffe éventuellement le ballon de stockage, mais celui-ci ne fournit plus d'énergie au circuit chauffage, l'appoint est en fonctionnement.

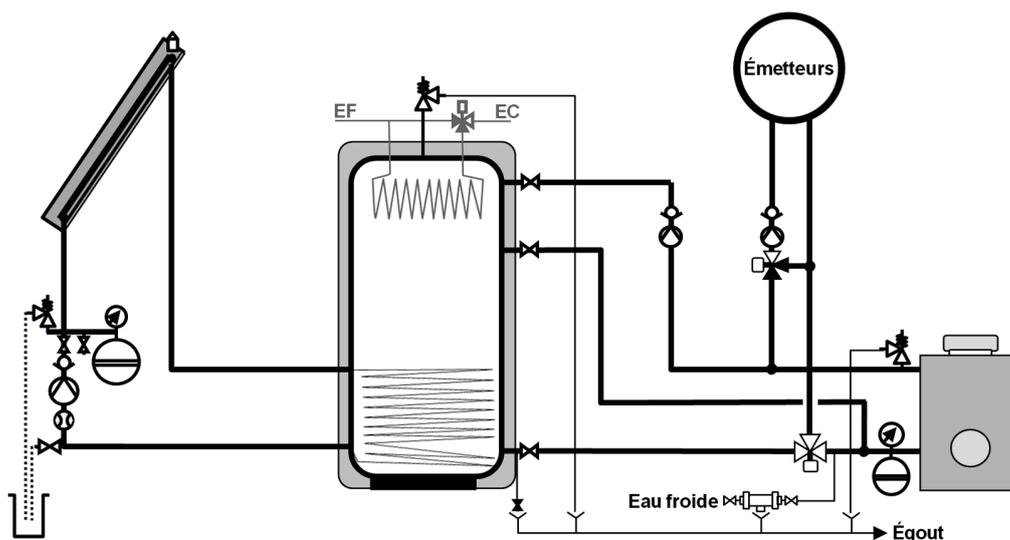
L'ensemble des solutions de raccordement est proposé au chapitre (cf.15). Elles sont fonction des principales caractéristiques de l'installation de chauffage existante : chaudière simple ou double service, modulante ou non, circuit de chauffage basse température et/ou haute température, mode de production d'ECS, mode de régulation.

### Commentaire

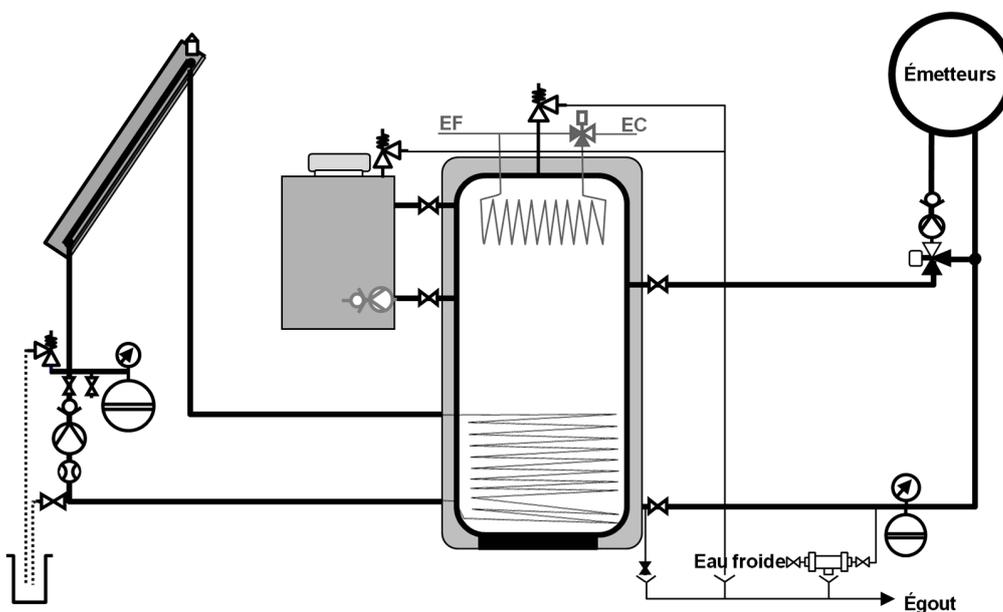
Les solutions proposées intègrent une régulation privilégiant une production à température variable, régulée en fonction de l'extérieur. Elles favorisent des retours aux capteurs solaires les plus froids possibles et donc une récupération solaire optimale.



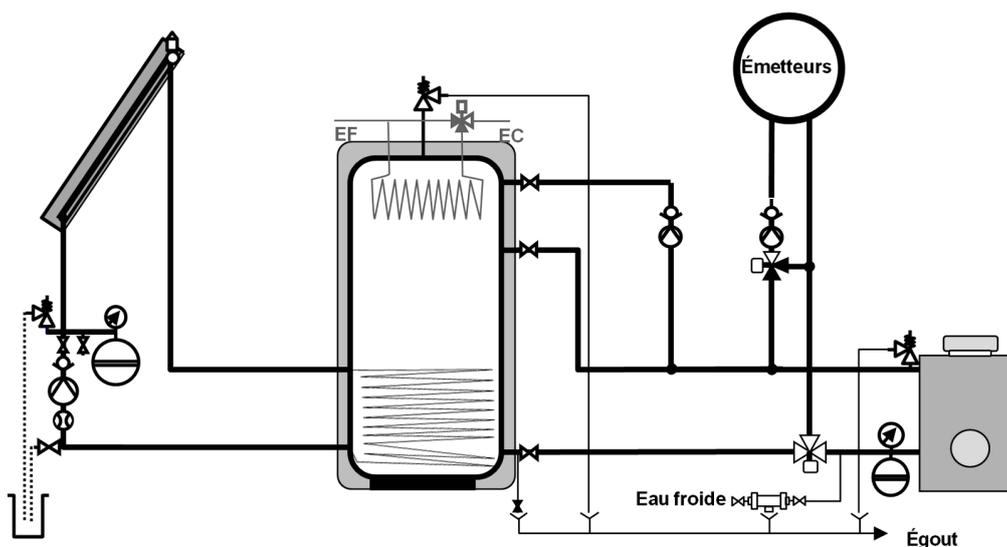
**Lorsque l'appoint d'un SSC est réalisé par une chaudière bois ou une pompe à chaleur, le réservoir de stockage permet le couplage hydraulique entre les différents générateurs. Dans ces cas particuliers, le dimensionnement du réservoir nécessite une attention particulière.**



▲ Figure 2 : Schéma de principe d'un raccordement en série (ou réchauffage du retour)



▲ Figure 3 : Schéma de principe d'un raccordement mixte (ou maintien en température en haut du stockage)



▲ Figure 4 : Schéma de principe d'un raccordement en parallèle

## 4.2. • Les systèmes solaires combinés directs



**Pour les systèmes solaires combinés à charge directe (avec ou sans ballon de stockage), les préconisations constructeurs doivent être strictement respectées.**

### 4.2.1. • Sans ballon de stockage

La boucle de captage solaire (remplie de liquide glycolé) circule directement dans les émetteurs de type dalle épaisse. Ces derniers assurent un rôle de stockage, d'émission mais aussi de déphasage de l'énergie récupérée.

Un ballon, disposant d'un échangeur noyé en partie basse et raccordé à l'installation solaire, permet de produire de l'eau chaude sanitaire solaire de manière indépendante. Des appareils divisés, comme des poêles à bois et/ou des convecteurs électriques, assurent l'appoint de chauffage. L'appoint peut également être intégré à la dalle épaisse.

Le système à charge directe présente un intérêt dès lors que la masse d'inertie accumulative possède au minimum 3 à 6 heures de déphasage. L'épaisseur de la dalle doit présenter une épaisseur de 12 à 15 cm (revêtement de sol compris, depuis le dessus de l'isolant inférieur jusqu'à la surface supérieure de la dalle).

#### Commentaire

Les techniques de mise en œuvre et les matériaux utilisés pour les systèmes de chauffage par plancher chauffant évoluent. L'épaisseur des dalles chauffantes tend fortement à diminuer, limitant par le fait leur capacité d'accumulation et de restitution.



Ce système n'est donc possible qu'en cas de réhabilitation lourde, avec création de dalles chauffantes épaisses. Les possibilités d'installer une dalle chauffante sont conditionnées par plusieurs éléments structurels :

- la capacité du bâti à supporter les contraintes (poids, pression, accessibilité) ;
- les hauteurs disponibles pour les réservations ;
- la disposition et les dimensions des ouvrants et des passages.

#### 4.2.2. • Avec ballon de stockage

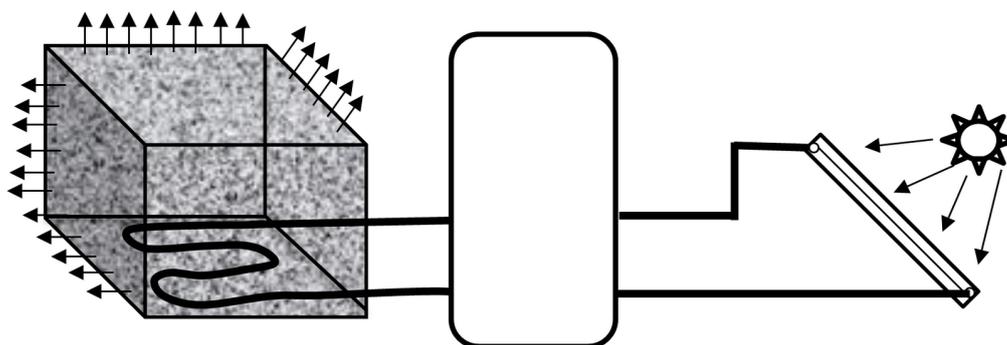
Si un système solaire à charge directe sans ballon de stockage ne peut pas être mis en œuvre, un système mixte (stockage en dalle et dans un ballon de stockage complémentaire), peut être préconisé.



**Un système solaire combiné à charge directe avec ballon de stockage ne peut généralement pas être préconisé pour une installation impliquant plus de 30 m<sup>2</sup> de capteurs solaires. Pour des surfaces plus importantes, se conformer strictement aux préconisations constructeurs.**

La (Figure 5) illustre le principe d'un système à charge directe avec ballon de stockage. L'énergie solaire produite est stockée dans un ballon (pas d'échangeur solaire) pour ensuite alimenter directement le(s) circuit(s) de chauffage (plancher chauffant ou radiateurs notamment).

L'épaisseur de la dalle accumulatrice doit cependant rester suffisante. Un minimum de 8 cm de masse utile totale est préconisé.



▲ Figure 5 : Principe d'un système à charge directe avec ballon tampon intermédiaire

La mise en œuvre d'un ballon de stockage supplémentaire permet :

- d'obtenir une inertie de l'installation suffisante ;
- de « lisser » les comportements thermiques, la réactivité et la capacité accumulatrice d'une installation de chauffage équipée d'un plancher chauffant et de radiateurs étant très différentes.

La chaudière assure le maintien en température du haut du ballon de stockage. L'appoint et le circuit solaire peuvent fonctionner simultanément ou indépendamment en fonction de la demande. La production d'eau chaude sanitaire est assurée par un échangeur à plaques extérieur.



**Généralement, une boucle de décharge est obligatoire pour un système solaire combiné à charge directe avec ballon de stockage et une surface de capteurs installée de plus de 10 m<sup>2</sup>. Dans le cas contraire, se conformer strictement aux préconisations constructeurs.**

### 4.3. • Les systèmes autovidangeables

Dans une installation autovidangeable, les capteurs se remplissent de liquide caloporteur quand la pompe se met en marche, et se vident dans lorsqu'elle s'arrête.

L'originalité réside dans le fait que le circuit primaire (circuit entre les capteurs et l'échangeur du ballon) se vidange automatiquement à l'arrêt du circulateur dans une bouteille de récupération (ou dans les premières spires de l'échangeur dimensionnées à cet effet). L'ensemble doit être situé dans une zone hors-gel de l'habitation. L'automatisme de l'ensemble est assuré par circulateur commandé à l'aide d'une régulation solaire différentielle.

Quand il y a risque de gel, le circulateur est alors en position arrêt et les capteurs sont vidangés donc vides de liquide. En théorie l'utilisation d'un produit caloporteur antigel n'est plus indispensable (meilleur échange thermique) puisque les capteurs vides de liquide ne craindront pas l'effet des trop faibles températures. En fait le plus souvent les fabricants préconisent l'utilisation d'un fluide antigel préchargé au niveau du ballon.

Dans ce cas l'intérêt du système se retrouve à l'inverse quand il y a risque de surchauffe. A une certaine température (120°C par exemple), les capteurs sont vidangés et ainsi il n'y a aucun risque de détérioration du fluide caloporteur. Le circulateur n'est remis en route seulement quand la température au niveau capteur sera redevenue inférieure à 120°C.

Il est nécessaire d'utiliser une pompe capable de remonter le liquide au niveau le plus haut de l'installation et donc de vaincre la hauteur manométrique maximale pour la remise en eau de l'ensemble.

Il existe des systèmes avec circulateur toujours immergé et des systèmes avec pompe volumétrique hors du liquide avec une hauteur d'aspiration.

La pose doit se faire impérativement sans contre pente dans les capteurs et les conduites.



Les capteurs sont toujours au-dessus du ballon.

Il existe également des systèmes autovidangeables à eau sans échangeur sur le circuit de captation. L'eau stockée dans le ballon est de l'eau technique. L'eau sanitaire est chauffée au travers d'un échangeur tubulaire de grande dimension.

Les spécificités des systèmes autovidangeables :

- sécurité du système en cas de stagnation ou de gel ;
- système pouvant fonctionner dans certains cas sans antigel
- suppression possible du manomètre, du vase d'expansion, du purgeur et du clapet anti-retour (maintenance simplifiée) ;
- mise en œuvre délicate (respect d'une pente minimale pour les liaisons hydrauliques, absence de coude, de cintrage) ;
- moins de flexibilité dans le choix du capteur.

# PRÉ-DIAGNOSTIC DE L'INSTALLATION EXISTANTE

# 5



Afin de tenir compte de l'installation existante et d'aider le professionnel dans le choix de la décision, un pré-diagnostic permet de vérifier rapidement si la mise en place d'un chauffe-eau solaire individuel est possible ou non.

Les principaux paramètres à prendre en compte sont exposés ci-après.

## 5.1. • Posséder une surface suffisante et optimale

La surface disponible pour la mise en place de capteurs solaires doit être suffisante et optimale.

Le ratio moyen de dimensionnement est de 1 m<sup>2</sup> de capteur solaire pour 1000 kWh de besoins annuels (chauffage et ECS).

L'emplacement choisi doit permettre un ensoleillement optimal. Trois facteurs sont à prendre en compte : l'inclinaison, l'orientation et la présence de masques proches et lointains éventuels (ombres portées sur les capteurs).



**Les capteurs et les raccordements du circuit primaire peuvent atteindre des températures élevées. Quand l'installation est accessible à des personnes non autorisées, ces températures peuvent représenter un risque de brûlures.**



### 5.1.1. • L'inclinaison

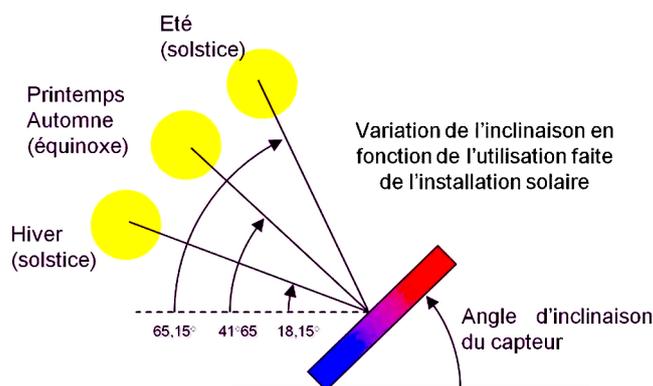
La puissance reçue par les capteurs est optimale lorsque le rayonnement solaire est perpendiculaire à ces derniers. Or, la hauteur du soleil par rapport à l'horizontale varie au cours de la journée et au cours de l'année (Figure 6).

L'inclinaison optimale du capteur dépend du type d'utilisation de l'installation solaire.

Pour une utilisation hivernale, cas du chauffage solaire notamment, où les besoins sont majoritaires en hiver, l'inclinaison des capteurs doit tendre vers des angles plus importants.

En effet, favoriser une forte inclinaison des capteurs (optimum de 60°) optimise la récupération en période de chauffe.

Dans le cas d'utilisation de capteurs à tubes sous vide à caloduc, il est nécessaire de respecter une inclinaison généralement de l'ordre de 25 à 75°. Le professionnel doit se conformer aux prescriptions du fabricant (note d'étude, notice de pose).



▲ Figure 6: Hauteur du soleil par rapport à l'horizontale au cours de la journée et de l'année (exemple pour Strasbourg avec une latitude de 48°35')



**Quand les capteurs solaires sont disposés en toiture, ils doivent respecter la pente de la couverture afin de limiter la prise au vent et l'accumulation des charges de neige. Dans le cas d'un système solaire combiné, si la pente du toit n'est pas suffisante (notamment dans le sud de la France) et si aucune solution technique ne permet la gestion des surchauffes estivales, les capteurs ne doivent pas être disposés en toiture.**

En outre, une inclinaison comprise entre 45 et 90° permet de minimiser les périodes de stagnation en période estivale. La trop faible demande en énergie (réduite à la production d'ECS) en période estivale peut provoquer de fortes surchauffes nuisibles à l'installation (vieillesse prématuré du liquide caloporteur) ainsi que des performances fortement amoindries.

En effet, une faible inclinaison des capteurs implique des phases de stagnation plus fréquentes et plus rapidement atteintes. Les conséquences sont :

- un stress thermique du liquide : les changements d'états répétés de ce liquide (alternativement de phase gazeuse à phase liquide) détériorent sa formule, forment des dépôts collants aux parois (caramel) et finalement des résidus solides insolubles (petits cristaux ou cailloux) ;
- un vieillissement prématuré du liquide : à températures élevées, le glycol et les inhibiteurs se concentrent et sont attaqués. La présence d'oxygène conduit à une acidification et une oxydation des éléments ;
- un stress thermique du matériel : les capteurs sont conçus pour permettre aux absorbeurs de se dilater sans être endommagés. Toutefois, des phases de stagnation importantes et fréquentes, peuvent conduire à des déformations conséquentes des composants, un vieillissement prématuré et une dégradation du traitement de surface des absorbeurs ;
- une sollicitation importante du vase d'expansion : les amplitudes et températures fréquemment très élevées sollicitent particulièrement les éléments constitutifs du vase d'expansion (membrane, sertissage, percement) ainsi que certains points de jonction sensibles.

### Commentaire

Si le projet impose, pour des aspects architecturaux notamment, une inclinaison des capteurs plus faible que 45°, une étude doit être fournie. Elle précise l'impact d'un tel choix sur la production solaire et sur les surchauffes engendrées. L'utilisation du logiciel CASSSC le permet.

Outre l'inclinaison des capteurs, des systèmes permettant de limiter les phénomènes de vaporisation et de vieillissement prématuré du liquide caloporteur existent. On trouve :

- un dimensionnement correct des composants de l'installation (la surface de capteurs, le volume du stockage solaire, la capacité du vase d'expansion) ;
- une boucle primaire à pression élevée ;
- un drainage gravitaire des capteurs solaires (autovidangeable ou drainback) ;
- une boucle de décharge automatique (dans le sol ou une piscine par exemple) ;
- une recirculation nocturne ;
- un système d'occultation automatique.



**Généralement, une boucle de décharge est obligatoire pour un système solaire combiné à charge directe :**

- avec ballon de stockage et une surface de capteurs installée de plus de 10 m<sup>2</sup> ;
- sans ballon de stockage et une surface de capteurs installée de plus de 8,6 m<sup>2</sup>.

**Dans le cas contraire, se conformer strictement aux préconisations constructeurs.**

### 5.1.2. • L'orientation

L'orientation des capteurs par rapport aux points cardinaux influe sur l'énergie thermique fournie par le capteur. L'orientation sud du champ des capteurs est idéale. En pratique, autour de la position optimale, une plage d'orientation admissible de plus ou moins 45° par rapport au sud peut être tolérée.



**Si la plage d'orientation admissible ne peut pas être respectée, l'entreprise doit justifier l'installation par une note de calcul. Cette dernière doit quantifier la perte de production solaire due à une orientation des capteurs non optimale. La note doit être contre-signée par le client.**

### 5.1.3. • Les masques

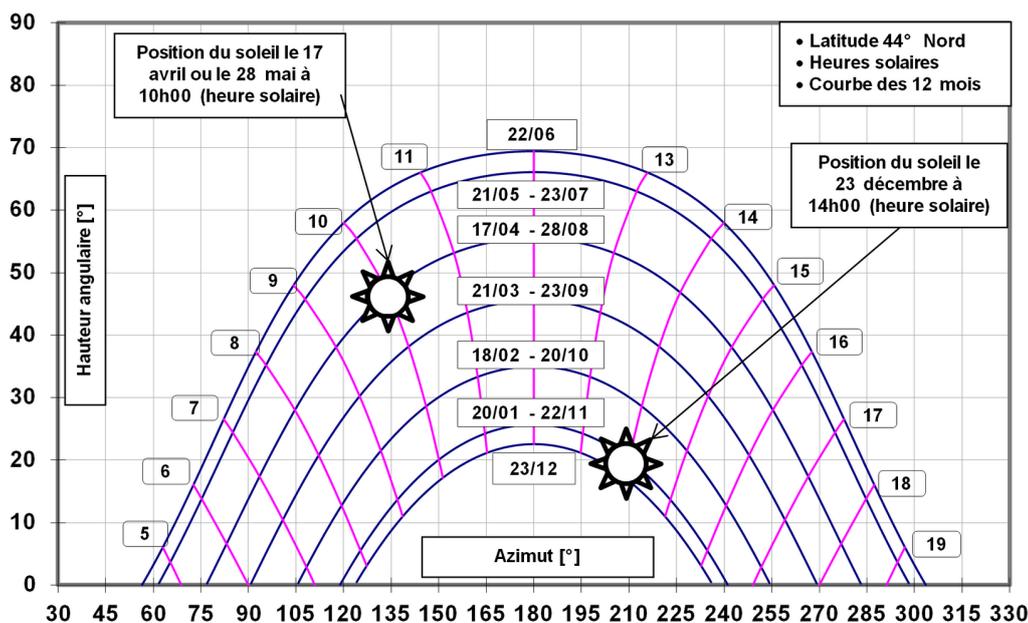
Une bonne orientation et une bonne inclinaison ne suffisent pas à garantir un ensoleillement optimal. Il convient de vérifier que des obstacles proches ou lointains (arbres, bâtiments) ne viennent pas porter d'ombres pénalisant l'ensoleillement reçu sur le capteur.

#### Commentaire

80% de l'énergie journalière est captable entre 9h00 et 15h00 (heure solaire). La hauteur du soleil est nettement plus basse en hiver qu'en été aussi l'environnement impacte davantage à la basse saison.

Le choix du site d'implantation doit permettre d'installer les capteurs et de réaliser les opérations de maintenance, dans le respect de la réglementation en vigueur notamment le décret du 1<sup>er</sup> septembre 2004 relatif aux travaux en hauteur.

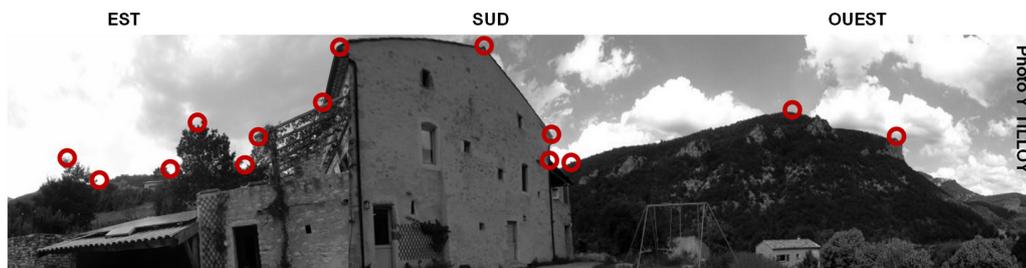
Plusieurs outils existent pour réaliser une étude des masques éventuels. On peut citer par exemple le diagramme de la course du soleil, illustré par la (Figure 7) :



▲ Figure 7 : Diagramme de la course du soleil

Le repérage de la présence d'obstacles éventuels implique de réaliser un relevé de masque afin d'en mesurer la portée sur le champ de capteurs. On donne ici la procédure à suivre :

- se placer à l'endroit le plus défavorisé du champ de capteurs (souvent le point le plus bas et/ou le plus proche d'un obstacle) ;
- caractériser tous les points qui dépassent l'horizon en mesurant leur azimut avec une boussole et leur hauteur angulaire avec le clinomètre (Figure 8) ;
- consigner ces valeurs sur un calepin sous la forme d'un tableau (Figure 9) ;
- reporter ces valeurs sur le graphique solaire correspondant à la latitude du futur chantier (Figure 10) ;
- exploiter ces valeurs avec un logiciel. Si la hauteur moyenne du masque mesuré est inférieure à 12° la saisie informatique n'est pas nécessaire.

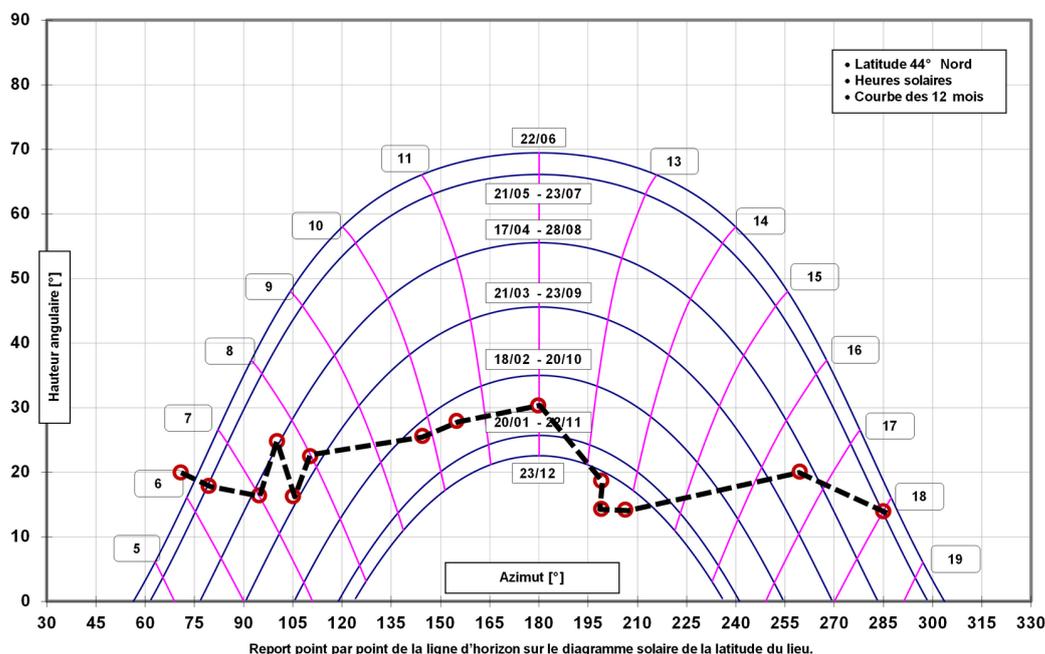


▲ Figure 8 : Relevé des masques depuis l'emplacement prévu pour les capteurs



Azimut	-180				0				180
Hauteur									

▲ Figure 9 : Consignation des hauteurs angulaires et des azimuts pour chaque point relevé  
 Les valeurs négatives correspondent à des orientations vers l'est, 0 correspond au sud



▲ Figure 10 : Positionnement des points caractéristiques de la ligne d'horizon sur le diagramme solaire



**Le professionnel doit informer son client et lui préciser qu'il doit surveiller l'évolution de la végétation susceptible de venir masquer l'installation au bout de quelques années et réaliser tailles et élagages si besoin.**

## 5.2. • Posséder un emplacement suffisant pour recevoir le stockage

Le choix du type de SSC doit tenir compte de la place disponible. L'espace doit être suffisant :

- pour la mise en place du ou des ballons de stockage solaire et pour tous les raccords et équipements solaires (vase d'expansion et régulation notamment) ;
- pour une maintenance ultérieure aisée (changement de l'anode, nettoyage de la résistance électrique,...).

Pour les SSC à charge indirecte, le ratio communément admis est de 50 à 100 l par m<sup>2</sup> de capteurs plans vitrés. Le volume du ballon de stockage moyen est généralement compris entre 700 et 1000 litres. L'emprise au sol est généralement d'environ 1 m<sup>2</sup> (hors raccords et équipements solaires). La hauteur sous plafond doit être suffisante pour recevoir le ballon de stockage.



### 5.3. • Prendre en compte les spécificités du solaire

Les niveaux de température et de pression ainsi que les agents atmosphériques (pluie, UV, gel) doivent être pris en compte :

- pour tous les équipements situés sur le circuit en entrée de capteurs, la plage de température de fonctionnement généralement considérée est de  $-10^{\circ}\text{C}$  à  $+120^{\circ}\text{C}$  ;
- pour les purgeurs d'air en sortie de capteurs (si présents), la plage de température de fonctionnement considérée est généralement de  $-10^{\circ}\text{C}$  à au moins  $150^{\circ}\text{C}$  ;
- la pression maximale pour le circuit en entrée de capteurs dépend de la pression de tarage de la soupape de sécurité installée ;
- s'assurer de la compatibilité des équipements installés avec le liquide caloporteur utilisé.

### 5.4. • Prévoir l'implantation du chantier

Pour la pose de capteurs en toiture, une intervention pour la préparation du chantier doit être prévue. Elle prend en compte la quantité des éléments de couverture à manipuler, la nécessité de l'utilisation de nombreux outils, ainsi que la manipulation des capteurs et de leurs accessoires.

La vérification de la toiture et de la charpente est bien évidemment indispensable, mais doit se faire avant d'accéder au toit. Les travaux en hauteur nécessitent le respect des règles de sécurité (utilisation de nacelle, échafaudage,...) qui ont un coût non négligeable sur le montant du devis. Lors de la visite, il est donc indispensable de relever tous les détails qui ont une influence sur le matériel à prévoir.

#### Commentaire

Dans l'habitat existant, la mise en œuvre du SSC est rarement conjointe à un autre corps d'état, ce qui implique que l'entreprise doit assurer seule tous les aspects de la sécurisation du chantier.

- *La fiche pratique de sécurité FD 137 mise en place par l'Institut National de Recherche et de Sécurité doit être suivie.*

### 5.5. • Étudier les caractéristiques de l'installation de chauffage existante

Pour les maisons déjà équipées d'une distribution hydraulique, un fonctionnement à basse température des émetteurs est à rechercher.



Une rénovation thermique permet de baisser les niveaux de température de distribution afin d'être compatible avec ceux requis par le solaire.

Le rendement des capteurs solaires est fonction de la température d'entrée du fluide caloporteur ; plus la température à l'entrée du champ de capteurs est faible plus ce dernier est élevé. Cette température est fonction de la température retour chauffage : plus le régime de température de l'installation de chauffage est faible, plus la température de retour chauffage sera faible et donc plus performante sera l'installation solaire

Certaines contraintes (contraintes d'intégration) peuvent rendre impossible la mise en place d'un SSC, d'autres peuvent influencer le choix d'une solution de chauffage solaire particulière (par exemple, la présence d'une piscine ou des besoins d'ECS importants).

Particulièrement dans l'existant, une analyse précise des caractéristiques de l'installation de chauffage et d'eau chaude sanitaire en place est essentielle afin de proposer une solution solaire optimale.

## 5.6. • Exemple de fiche pratique

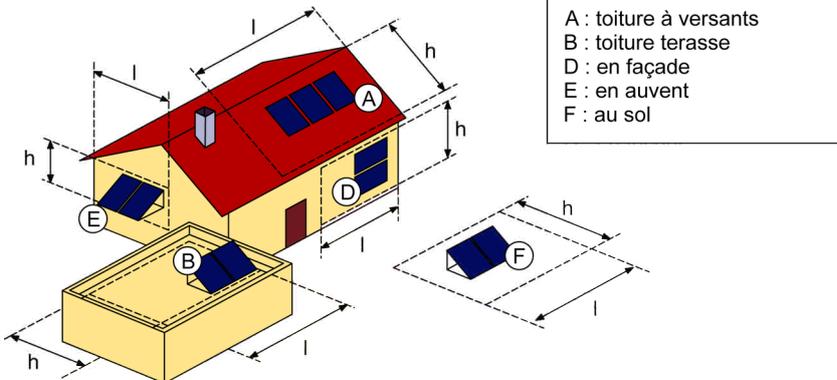
On donne (Figure 11), une fiche rappelant les contraintes spécifiques liées à l'installation d'un SSC. Elle permet d'évaluer la faisabilité et l'intégration du SSC à l'installation existante, sans oublier aucun des paramètres essentiels.

### Commentaire

Le diagnostic permet également de dresser les actions correctives éventuelles à réaliser.

Repère :	PRE-DIAGNOSTIC Installation de chauffage existante		Date :
<b>Coordonnées installateur :</b> Ets : Adresse : CP + ville :	<b>Coordonnées utilisateur :</b> Nom : Adresse : CP + ville :		
<b>Construction :</b>	Neuve : <input type="checkbox"/>	Existante : <input type="checkbox"/>	
<b>Type de bâtiment :</b>	Résidence : principale <input type="checkbox"/>		secondaire <input type="checkbox"/>
<b>Année de construction :</b>	TVA Taux plein : <input type="checkbox"/>		Taux réduit : <input type="checkbox"/>
<b>Configuration :</b>			
<b>Emplacement possible des capteurs :</b>			



Repère :	PRE-DIAGNOSTIC Installation de chauffage existante	Date :
<b>• Espace disponible pour les capteurs :</b>		
Hauteur (h) :		_____ m
Largeur (l) :		_____ m
 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>A : toiture à versants B : toiture terrasse D : en façade E : en auvent F : au sol</p> </div>		
<b>• Type de capteurs :</b>	Plan : <input type="checkbox"/>	Sous-vide : <input type="checkbox"/>
<b>• Type de pose :</b>	Posé : <input type="checkbox"/>	Intégré : <input type="checkbox"/>
<b>Les ombres portées :</b>		
<b>Coordonnées des points caractéristiques de l'obstacle (si présent)</b>	<b>Points</b>	<b>Hauteur solaire (°)</b>
	<b>1</b>	
	<b>2</b>	
	<b>3</b>	
	<b>4</b>	
	<b>5</b>	
	<b>6</b>	
<b>• Type de toiture :</b>	– ardoise <input type="checkbox"/>	
	– tuile plate <input type="checkbox"/>	
	– tuile à pureau plat à emboîtement <input type="checkbox"/>	
	– tuile canal <input type="checkbox"/>	
	– plaque profilée fibre-ciment <input type="checkbox"/>	
	– plaque nervurée aluminium-acier <input type="checkbox"/>	
	– autre : _____	
<b>• État de la toiture</b>	Bon <input type="checkbox"/>	Mauvais <input type="checkbox"/>
<b>• Type de charpente :</b>		
<b>Matériau :</b>	– bois <input type="checkbox"/>	
	– Métal <input type="checkbox"/>	
	– béton <input type="checkbox"/>	
<b>Type :</b>	– charpente traditionnelle <input type="checkbox"/>	
	– charpente industrielle <input type="checkbox"/>	
Écartement chevrons/pannes _____		
Planimétrie	Bon <input type="checkbox"/>	Mauvais <input type="checkbox"/>
Garantie en cours	Oui <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
<b>• État de la charpente :</b>	Bon <input type="checkbox"/>	Mauvais <input type="checkbox"/>
<b>• Orientation et inclinaison des capteurs :</b>		



Repère :		PRE-DIAGNOSTIC Installation de chauffage existante				Date :	
Pente du toit : (remplir si cas A)		Orientation capteurs (remplir si cas A,B,D,E et F) :					
<input type="checkbox"/> 15° <input type="checkbox"/> 30° <input type="checkbox"/> 45° <input type="checkbox"/> 60° <input type="checkbox"/> 75° <input type="checkbox"/> 90°							
<b>Exposition :</b> Exposition du bâtiment vis à vis du vent (pour chaînage éventuel)		Faible	<input type="checkbox"/>	Moyenne	<input type="checkbox"/>	Forte	<input type="checkbox"/>
Adaptabilité sur la toiture existante (pour modification éventuelle de l'égout/la faîtière)		Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>		
<b>• L'isolation :</b>							
– En plancher sans écran :		<input type="checkbox"/>					
– En rampant sans écran :		<input type="checkbox"/>					
– En plancher avec écran :		<input type="checkbox"/>					
– En rampant avec écran :		<input type="checkbox"/>					
– Présence d'amiante :		Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>		
<b>• L'écran de sous toiture</b>							
– Non présent		Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>		
– Écran souple		Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>		
– Écran rigide		Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>		
– Etat de l'écran de sous toiture		Bon <input type="checkbox"/>		Mauvais <input type="checkbox"/>			
<b>• La ventilation</b>							
– Lame d'air		Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>		
– Volume du comble		Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>		
<b>• Les orifices de ventilation</b>							
Entrée basse et sortie haute linéaire :		Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>		
Entrée basse par tuile de ventilation et sortie par tuile de ventilation :		Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>		
– Entrée basse par tuile de ventilation et sortie haute linéaire :		Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>		
– Entrée basse linéaire et sortie haute par tuile de ventilation :		Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>		
<b>Système de production d'eau chaude sanitaire existant :</b>							
Ballon électrique :		Ballon avec échangeur :		Production instantanée :		Autre :	
Volume : _____ litres		Volume : _____ litres					
<b>Système de chauffage existant :</b>							
		Chaudière	Pompe à chaleur	Chauffage divisé		Autres	



Repère :	PRE-DIAGNOSTIC Installation de chauffage existante			Date :							
ENERGIE (gaz nat., fuel...):		électricité									
Type :											
<input type="checkbox"/>	(Condensation, basse température, standard)	(basse température, haute température)	(convecteur électrique, insert, poêle, ...)								
Puissance appareil:		kW		kW							
Régime ( $\Delta T$ ) :		°C		°C							
<b>Si appoint à fournir :</b>											
ENERGIE(s) disponible(s) :											
Conduit de fumée existant :	oui	<input type="checkbox"/>	non	<input type="checkbox"/>							
Type :											
Appoint adapté :											
<b>• Local pouvant recevoir le ballon solaire et l'appoint éventuel</b>											
Cellier	<input type="checkbox"/>	Buanderie	<input type="checkbox"/>	Garage	<input type="checkbox"/>	Chaufferie	<input type="checkbox"/>	Autre :			
Dimensions :	Local (L x l x h):			Accès (h x l):							
<b>• Support du ballon :</b>											
Type de plancher :											
Peut-il supporter le poids du ballon rempli ?											
oui					<input type="checkbox"/>	non					<input type="checkbox"/>
<b>• Chantier :</b>											
Accès :											
facile					<input type="checkbox"/>	difficile					<input type="checkbox"/>
Si difficile, quelles sont les contraintes :											
Stockage matériel possible sur site :											
oui					<input type="checkbox"/>	non					<input type="checkbox"/>
Si oui, à quel endroit?											
<b>• Travaux en hauteur :</b>											
Accès au toit :											
oui					<input type="checkbox"/>	non					<input type="checkbox"/>
Si oui, dimensions (hauteur x largeur) : _____ m x m											
Points d'ancrage sur la toiture :											
oui					<input type="checkbox"/>	non					<input type="checkbox"/>
Type :											
Matériel à prévoir pour travaux en hauteur (nacelle, échafaudage, ...) :											
<input type="checkbox"/>	0-5m	<input type="checkbox"/>	5-10m	<input type="checkbox"/>	10-15m						
<input type="checkbox"/>	15-20m	<input type="checkbox"/>	20-25m	<input type="checkbox"/>	25-30m						
Autre : _____ m											
<input type="checkbox"/>	0-5m	<input type="checkbox"/>	5-10m	<input type="checkbox"/>	10-15m						
<input type="checkbox"/>	15-20m	<input type="checkbox"/>	20-25m	<input type="checkbox"/>	25-30m						
Autre : _____ m											
<b>• Armoire électrique :</b>											
Espace disponible :											
suffisant					<input type="checkbox"/>	insuffisant					<input type="checkbox"/>



Repère :	PRE-DIAGNOSTIC Installation de chauffage existante				Date :
Tension disponible :	mono <input type="checkbox"/>	tri <input type="checkbox"/>			
Puissance disponible : _____ kW					
Présence d'une protection différentielle adaptée pour l'appoint électrique :	oui	<input type="checkbox"/>	non	<input type="checkbox"/>	
Protection de ligne existante et adaptée :	oui	<input type="checkbox"/>	non	<input type="checkbox"/>	
Existence d'une liaison équipotentielle fiable :	oui	<input type="checkbox"/>	non	<input type="checkbox"/>	
Valeur de la résistance ohmique de la terre :		_____ohm			
• Hauteur manométrique à prévoir (pression vase d'expansion): _____ m					
• Percements à prévoir:					
Gros murs :	<input type="checkbox"/>	Quantité :			
Cloisons :	<input type="checkbox"/>	Quantité :			
Remarques :					

▲ Figure 11 : Exemple de fiche de pré-diagnostic pour l'installation d'un SSC

# DIMENSIONNEMENT DE LA SURFACE DES CAPTEURS SOLAIRES

# 6



Le surdimensionnement est un défaut souvent rencontré sur les installations de chauffage solaire.

## Commentaire

Un surdimensionnement augmente le coût de l'installation et génère d'importants problèmes de surchauffe l'été avec une altération du liquide antigel et une usure prématurée des matériaux.

La surface de capteurs solaires est déterminée en fonction des besoins de chauffage et des besoins d'eau chaude sanitaire.

L'objectif principal de ce chapitre est de donner à l'installateur les éléments nécessaires au dimensionnement de la surface de capteurs à installer. Pour cela, il faut calculer précisément :

- les déperditions de base de l'habitation ;
- les besoins thermiques de chauffage et d'eau chaude sanitaire.

## 6.1. • Calcul des déperditions de base des bâtiments

Les déperditions thermiques sont calculées selon la norme NF EN 12831 et le complément national NF P 52-612/CN.

### 6.1.1. • Principe du calcul des déperditions

Les déperditions se décomposent en :

- déperditions surfaciques à travers les parois (murs, fenêtres, portes, toit, plancher) ;



- déperditions linéiques au niveau des liaisons des différentes parois, comme par exemple le mur et le plancher ;
- déperditions par renouvellement d'air par les bouches d'entrée d'air par ventilation naturelle ou mécanique ;
- déperditions par les infiltrations : jointures des huisseries des fenêtres, des portes, par les trous en façade,....

### 6.1.2. • Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois

Les déperditions surfaciques sont calculées à partir de la formule suivante :

$$\text{Déperditions surfaciques} = \text{Somme de } U \times A \times (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

Avec :

- $U$  : coefficient de transmission surfacique en  $W/m^2.K$
- $A$  : surface intérieure de la paroi en  $m^2$
- $T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}$  : écart de température entre l'intérieur et l'extérieur en  $K$

### 6.1.3. • Déperditions linéiques aux liaisons des différentes parois

Les déperditions linéiques sont calculées à partir de la formule suivante :

$$\text{Déperditions linéiques} = \Psi \times l \times (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

Avec :

- $\Psi$  : coefficient de transmission linéique (psi) en  $W/m.K$
- $l$  : longueur des liaisons en  $m$
- $T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}$  : écart de température entre l'intérieur et l'extérieur en  $K$

#### Commentaire

La norme NF EN 12831 propose une méthode simplifiée consistant à majorer les coefficients de transmission surfacique des parois en fonction de leurs liaisons.

### 6.1.4. • Déperditions par renouvellement d'air et infiltrations

Le calcul des déperditions s'effectue à partir de la formule suivante :

$$\text{Déperditions par renouvellement d'air} = 0,34 \times q_v \times (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

Avec :

- 0,34 : chaleur volumique de l'air en  $Wh/m^3.K$

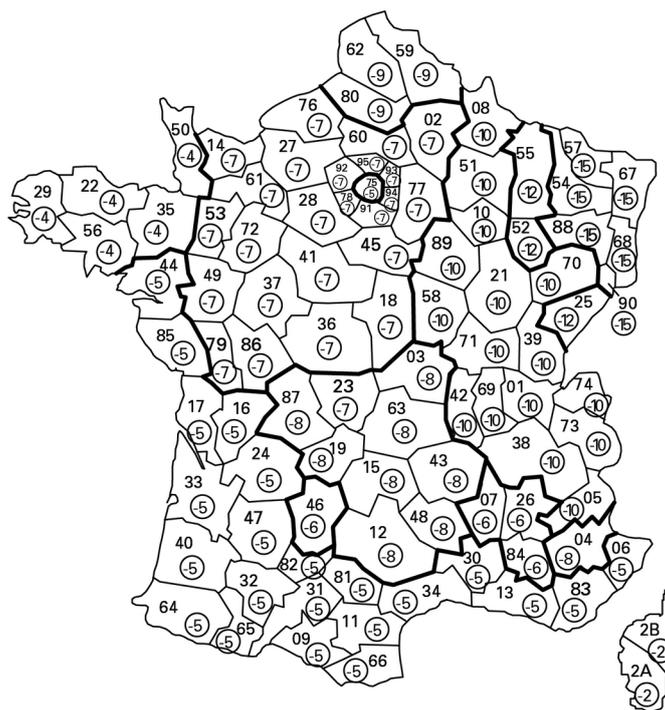
- $qv$  : débit de renouvellement d'air par ventilation et infiltrations en  $m^3/h$
- $T_{int} - T_{ext}$  : écart de température entre l'intérieur et l'extérieur en K

### Commentaire

Les entrées d'air induites par l'utilisation de hottes en tout air neuf, de cheminées à foyer ouvert ou de tout autre système ne sont pas prises en compte dans la formule.

## 6.1.5. • La température extérieure de base du lieu

Les déperditions sont calculées pour la température extérieure de base du lieu définie dans le complément national à la norme NF EN 12831, référencé NF P 52-612/CN. La (Figure 12) présente la carte de France des températures extérieures de base. Des corrections sont à apporter en fonction de l'altitude du lieu considéré, selon le tableau de la (Figure 13).



▲ Figure 12 : Températures extérieures de base non corrigées par l'altitude



Température extérieure du site °C	Température extérieure de base au niveau de la mer du site °C									Température extérieure du site °C	
	-2	-4	-5	-6	-7	-8	-10	-12	-15		
-2	0 à 200										-2
-3	201 à 400										-3
-4	401 à 600	0 à 200									-4
-5	601 à 700	201 à 400	0 à 200								-5
-6	701 à 800	401 à 500	201 à 400	0 à 200							-6
-7			401 à 600	201 à 400	0 à 200						-7
-8			601 à 800	401 à 500	201 à 400	0 à 200					-8
-9			801 à 1000	501 à 600	401 à 500	201 à 400					-9
-10			1001 à 1200	601 à 700		401 à 500	0 à 200				-10
-11			1201 à 1400	701 à 800		501 à 600	201 à 400				-11
-12			1401 à 1700	801 à 900		601 à 700	401 à 500	0 à 200			-12
-13			1701 à 1800	901 à 1000		701 à 800	501 à 600	201 à 400			-13
-14			1801 à 2000	1001 à 1100		800 à 901	601 à 700	401 à 500			-14
-15						901 à 1000	701 à 800	501 à 600	0 à 400		-15
-16						1001 à 1100	800 à 901	601 à 700	401 à 500		-16
-17						1101 à 1200	901 à 1000	701 à 800	501 à 600		-17
-18						1201 à 1300	1001 à 1100	800 à 901	601 à 700		-18
-19						1301 à 1400	1101 à 1200	901 à 1000	701 à 800		-19
-20							1201 à 1300	1001 à 1100	800 à 901		-20
-21							1301 à 1400	1101 à 1200	901 à 1000		-21
-22							1401 à 1500	1201 à 1300	1001 à 1100		-22
-23							1501 à 1600	1301 à 1400	1101 à 1200		-23
-24							1601 à 1700	1401 à 1500	1201 à 1300		-24
-25							1701 à 1800		1301 à 1500		-25
-26							1801 à 1900				-26
-27							1901 à 2000				-27

▲ Figure 13 : Corrections de la température extérieure de base en fonction de l'altitude

### 6.1.6. • Les relevés nécessaires pour le calcul des déperditions

Il est nécessaire de relever les éléments qualitatifs caractérisant le bâtiment existant : la zone climatique, l'altitude, l'âge de la construction, la constitution de l'enveloppe avec ses différents matériaux ou encore la ventilation. Le calcul des déperditions nécessite également les informations suivantes :

- le type de pièce ;
- la surface de la pièce ;
- la configuration (plain-pied, étage courant, sous toiture, ...) ;
- la longueur ou la surface de mur sur l'extérieur ou sur un local non chauffé ;
- la surface des ouvrants par pièce.

On donne (Figure 14), un exemple de fiche récapitulative des relevés pour le calcul des déperditions.



Relevés pour calcul des déperditions						
Relevés des caractéristiques de l'enveloppe						
<b>Coordonnées installateur :</b>			<b>Coordonnées utilisateur :</b>			
Ets :			Nom :			
Adresse :			Adresse :			
CP + ville :			CP + ville :			
Département :						
T° extérieure de base en °C :						
Altitude en m						
T° extérieure de base corrigée en °C :						
Age de la construction :						
ENVELOPPE :						
Paroi			Isolant			
Repère	Structure	Type	$\lambda$ en W/m.K	$R_T$ en m <sup>2</sup> .K/W		
Mur sur extérieur 1						
Mur sur extérieur 2						
Mur sur local non chauffé						
Plancher haut						
Plancher bas						
Plancher intermédiaire						
Fenêtre*						
Protection nocturne						
Porte d'accès						
(*) Pour la structure, prendre en compte la menuiserie. Pour l'isolant prendre en compte la nature du vitrage (exemple double vitrage 4-12-4).						
VENTILATION :						
Type de ventilation : naturelle, VMC autoréglable, hygro A ou B						
Débit d'air en m <sup>3</sup> /h :						
Caractéristiques du rez de chaussée :						
Pièce	Entrée	Cuisine	Séjour	Chambre 1	Chambre 2	SdB
Surface en m <sup>2</sup>						
Hauteur sous plafond en m						
Température intérieure en °C						
Longueur mur sur extérieur en m						
Longueur mur sur local non chauffé en m						
Surface porte sur extérieur en m <sup>2</sup>						
Surface vitrage en m <sup>2</sup>						
CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉTAGE :						
Pièce	Chambre 1	Chambre 2	Chambre 3	SdB		
Hauteur sous plafond en m						



Relevés pour calcul des déperditions				
Relevés des caractéristiques de l'enveloppe				
Température intérieure en °C				
Longueur mur sur extérieur en m				
Longueur mur sur local non chauffé en m				
Surface vitrage en m <sup>2</sup>				

▲ Figure 14 : Exemple de tableau récapitulatif de relevés pour calcul de déperditions

## 6.2. • Calcul des besoins de chauffage

L'expérience montre que les besoins de chauffage varient considérablement d'un bâtiment à l'autre en fonction du comportement des utilisateurs : température de consigne, nombre de pièces sans chauffage, utilisation variable des occultations nocturnes et diurnes, variabilité dans la demande.

Les pertes de chaleur sont utilisées pour calculer les besoins de chauffage. Plus les pertes sont élevées, plus on va consommer pour chauffer le bâtiment. Les besoins de chauffage dépendent de la situation géographique du bâtiment. Plus il fait froid dans le département (avec correction par rapport à l'altitude), plus on va consommer d'énergie pour chauffer et maintenir la température souhaitée. On distingue les besoins bruts des besoins nets.

La détermination des besoins bruts est obtenue uniquement en prenant en compte les déperditions liées à l'écart de température (extérieur – intérieur) et au renouvellement d'air.

Les besoins nets sont obtenus en prenant en compte les besoins bruts, déduction faite des apports gratuits (ou plutôt leur part récupérée).

Le calcul des besoins nets annuels se fait par la formule suivante :

$$B_{\text{chauffage}} = \frac{24 \times \text{DJU} \times \text{Déperditions} - \text{Apports gratuits} \times \text{Taux de récupération}}{1000} \text{ en kWh}$$

Avec :

- déperditions en W/K ;
- DJU en K.jour ;
- apports gratuits (internes et externes) Wh ;
- taux de récupération (part récupérée des apports gratuits).

Les apports gratuits sont de deux types :

- les apports internes : fonction de l'occupation des locaux, donc de la présence et du nombre de personnes, des dégagements en cuisine, de l'éclairage ;



- les apports externes ou apports solaires : fonction de l'orientation des surfaces vitrées et de la zone d'ensoleillement.

### 6.2.1. • Les apports gratuits internes journaliers (occupants et appareils) en kWh/j

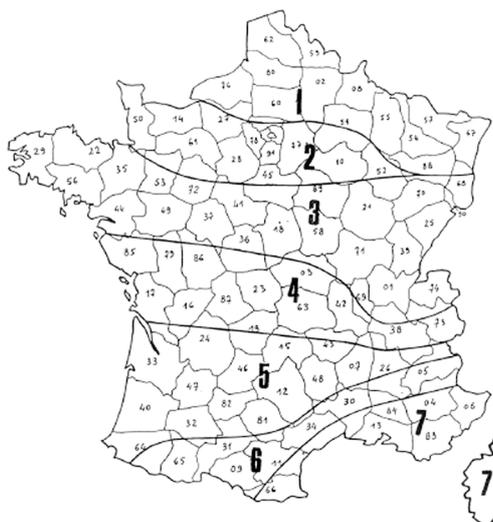
Ils sont définis par la relation suivante :  $AGJ = 3,5 + (2,5 \times Nb \text{ occupants})$

### 6.2.2. • Les apports gratuits externes journaliers (apports solaires) en kWh/j

Ils sont définis d'après le tableau donné (Figure 15). Il donne les apports solaires transmis à travers 1m<sup>2</sup> de vitrage. Ces ratios sont fonction de la zone d'ensoleillement, donnée (Figure 16), et de l'orientation des vitrages. La surface doit être pondérée afin de prendre en compte de l'encadrement (Figure 17).

Zones d'ensoleillement	Orientation				
	Sud	Sud-Est Sud-Ouest	Est Ouest	Nord-Est Nord-Ouest	Nord
1	1,65	1,50	1,10	0,70	0,50
2	1,65	1,45	1,00	0,60	0,45
3	1,70	1,45	0,95	0,55	0,40
4	1,75	1,50	1,00	0,55	0,45
5	1,80	1,55	1,05	0,60	0,45
6	1,85	1,55	0,95	0,55	0,48
7	2,22	1,80	1,00	0,50	0,40

▲ Figure 15 : Apports à travers 1 m<sup>2</sup> de vitrage vertical en kWh/jour



▲ Figure 16 : Définition des zones d'ensoleillement pour le calcul des apports gratuits externes

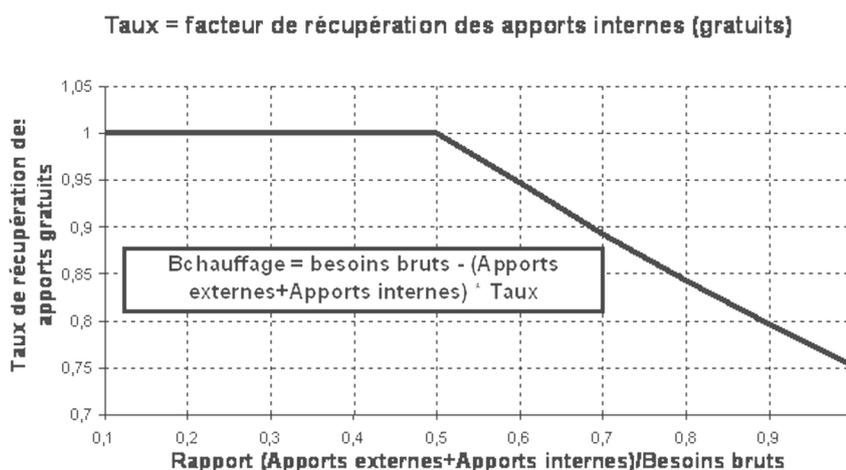


Type d'encadrement			
Bois	Aluminium	Métal (ancien)	PVC
0,70	0,70	0,80	0,65

▲ Figure 17: Rapport surface de clair à surface tableau

### 6.2.3. • Le taux de récupération des apports gratuits

Le taux de récupération des apports gratuits est donné (Figure 18). Il est fonction des apports gratuits et des besoins bruts de chauffage.



▲ Figure 18 : Détermination du taux de récupération des apports gratuits

### 6.3. • Calcul des besoins d'eau chaude sanitaire

Les besoins annuels sont calculés en fonction du nombre de personne occupant la maison. A défaut de données sur la consommation d'ECS du ménage, les ratios par personne et par jour à 50°C généralement utilisés, selon les équipements en place, sont :

- 20 l/pers.j (douche, lavabo) ;
- 33 l/pers.j (baignoire, douche, lavabo) ;
- 50 l/pers.j (hydro-jets, douche, lavabo).

Les besoins annuels d'ECS à 50°C en kWh/an sont donnés par la formule suivante :

$$B_{\text{ECS}} = q \times 1,16 \times (T_c - T_f)$$

Avec :

- q : consommation annuelle en ECS de l'habitation à 50°C en m<sup>3</sup>/an ;
- T<sub>c</sub> : température d'eau chaude sanitaire égale à 50°C ;
- T<sub>f</sub> : température d'eau froide en °C.



A défaut de données sur la température d'eau froide minimale du site, le tableau de la (Figure 19), extrait du guide AICVF 02-2004 sur l'ECS, donne des valeurs pour différentes villes de France.

Villes	Températures d'eau froide moyennes mensuelles minimales
Besançon, Embrun, Lille, Nancy, Reims, Rouen	5°C
Brest, Clermont-Ferrand, Grenoble, Paris, Rennes, Strasbourg	6°C
Angers, Lyon, Poitiers	6.5°C
Bordeaux, Toulouse	7°C
Biarritz	8°C
Nîmes,	9°C
Ajaccio, Marseille, Perpignan	10°C

▲ Figure 19 : Températures moyennes mensuelles minimales d'eau froide de 23 villes françaises (Guide AICVF 02-2004).

## 6.4. • Préconisations pour un projet de chauffage solaire

Les besoins annuels de chauffage et d'ECS en kWh sont donnés par la formule suivante :

$$\text{Besoins annuels} = B_{\text{chauffage}} + B_{\text{ECS}}$$

On rappelle que le ratio de dimensionnement, utilisé pour définir la surface de capteurs à installer, est fonction des besoins énergétiques (chauffage et ECS).

Dans l'habitat existant, ces besoins énergétiques sont généralement très importants en période hivernale et limités aux besoins d'eau chaude sanitaire en été. Si aucune mesure de rénovation n'est apportée au bâti, les besoins de chauffage peuvent être relativement élevés comparativement aux besoins en eau chaude sanitaire. En outre, l'écart très important entre les besoins d'été et ceux d'hiver sont à l'opposé des variations mensuelles d'irradiation, la ressource solaire étant essentiellement concentrée en été.

### Commentaire

Un bâtiment très peu économe, occupé par 4 personnes et présentant un besoin annuel de chauffage de 40000 kWh, place le rapport ECS sur chauffage à 6%.  
Un bâtiment correctement isolé occupé par 4 personnes et présentant un besoin annuel de chauffage de 10000 kWh/an.m<sup>2</sup>, place le rapport ECS/chauffage à 30%.

Cette disparité conduit à une mauvaise adéquation entre les besoins énergétiques et la ressource solaire et se traduit par une économie d'énergie relativement faible.

Dans ces conditions et pour atteindre des niveaux d'économie d'énergie d'appoint élevés, la surface de capteurs solaires à installer doit



être importante. Outre, un surcoût de l'installation, cette surface implique des phases de stagnation de l'installation solaire fréquentes et rapidement atteintes. Les conséquences sont un stress thermique et donc un vieillissement prématuré du liquide et des composants de l'installation. Ces phases sont, en outre, accrues par une ressource solaire essentiellement concentrée en été.

Un SSC doit être préconisé une fois que les mesures permettant une diminution des besoins sont prises, de manière à ce que :

- la consommation résiduelle d'énergie d'appoint soit la plus réduite possible ;
- la disparité entre besoins de chauffage et besoins d'ECS soit la plus faible possible.

### Commentaire

L'isolation thermique des parois est une des premières mesures à mettre en œuvre pour l'amélioration thermique des bâtiments. Par exemple, la mise en place de 20 cm de laine de verre en comble perdu peut réduire jusqu'à 30% les besoins de chauffage annuels. Les interventions sur les équipements de chauffage sont à réaliser, de préférence, après l'isolation thermique des bâtiments, pour intégrer l'abaissement de puissance nécessaire. La pose d'un thermostat d'ambiance programmable à la place d'un thermostat vétuste fait économiser de l'ordre de 12 % de la consommation annuelle. Le remplacement d'une chaudière âgée de plus de 25 ans par une chaudière moderne fait économiser environ 25% d'énergie et même jusqu'à 35% si la nouvelle chaudière est à condensation.

La rénovation thermique permet, en outre, de baisser les températures de distribution à un niveau compatible avec un rendement correct du capteur solaire. L'abaissement de la température de départ chauffage et donc du régime est possible et est directement fonction de la surpuissance des émetteurs de chaleur dans les pièces.

## 6.5. • Calcul de la surface de capteurs solaires

### 6.5.1. • Système solaire avec charge indirecte

Le ratio moyen communément admis pour le dimensionnement d'un SSC est « surface de capteurs / surface à chauffer ». Il est compris entre 8 et 15%.

Cependant, compte tenu des variations importantes des besoins spécifiques (besoins de chauffage et d'eau chaude rapportés à la surface chauffée) en fonction de la situation géographique, de l'altitude, de la taille et de l'isolation du bâtiment, du nombre et du comportement des occupants, il est plus cohérent de considérer un ratio de dimensionnement défini par :

"surface de capteurs / besoins thermiques (chauffage et ECS)"

Le ratio moyen de dimensionnement est de 1 m<sup>2</sup> de capteur solaire pour 1000 kWh de besoins annuels (chauffage et ECS).

### Commentaire

Si on considère un besoin annuel (chauffage + ECS) de 1000 kWh et un rendement de la chaudière annuel moyen de 70%, la consommation d'énergie est de l'ordre 1430 kWh. Un taux d'économie de l'ordre de 30 % correspond à une économie de 430 kWh. 1m<sup>2</sup> de capteur solaire (orienté plein Sud et incliné à 45°) reçoit, en valeur moyenne, une irradiation annuelle de 1500 kWh. Une installation solaire thermique fonctionnant correctement a un rendement global de l'ordre de 30%. Il faut donc installer en moyenne 1 m<sup>2</sup> de capteur pour récupérer 450 kWh par an, ce qui est du même ordre de grandeur que les 430 kWh calculés précédemment.

Cette surface peut être modulée en fonction de l'irradiation disponible. Elle dépend aussi du type de SSC choisi et des préconisations du fabricant. Les besoins de chauffage considérés sont ceux obtenus après les travaux de rénovation éventuellement préconisés et réalisés.

### 6.5.2. • Système solaire avec charge directe

Pour les systèmes solaires combinés à charge directe (avec ou sans ballon de stockage), les préconisations constructeurs doivent être strictement respectées.

### Commentaire

Il est préconisé, pour des systèmes à charge directe avec ballon de stockage, 0.5 à 2 m<sup>2</sup> de capteurs solaires pour 10 m<sup>2</sup> de plancher chauffant.



# CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU STOCKAGE SOLAIRE

# 7



## 7.1. • *Le système solaire à charge directe*

### 7.1.1. • Avec ballon de stockage

Le volume du ballon de stockage est choisi conformément aux préconisations du constructeur.

#### Commentaire

Il est préconisé, pour des systèmes à charge directe avec ballon de stockage et appoint intégré, un volume de stockage de 400 litres.

La chaudière (si l'appoint est intégré) assure le maintien en température du haut du ballon de stockage. L'appoint et le circuit solaire peuvent fonctionner simultanément ou indépendamment en fonction de la demande. La production d'eau chaude sanitaire est assurée par un échangeur à plaques extérieur. L'eau de départ du circuit de chauffage est prélevée en partie médiane du ballon de stockage. La hauteur du piquage permet de fournir une température de départ suffisante pour compenser les déperditions à la température extérieure de base.

Les Recommandations au chapitre [7.2] doivent être respectées.

### 7.1.2. • Sans ballon de stockage

Pour les systèmes solaires combinés à charge directe sans ballon de stockage, les préconisations du constructeur doivent être strictement respectées.

#### Commentaire

Il est préconisé, pour des systèmes à charge directe sans ballon de stockage, une surface de plancher chauffant compris entre 50 et 130 m<sup>2</sup> (voir 150 m<sup>2</sup> selon préconisations constructeurs) avec un minimum de cinq fois la surface de capteurs installées.

## 7.2. • Le système solaire à charge indirecte

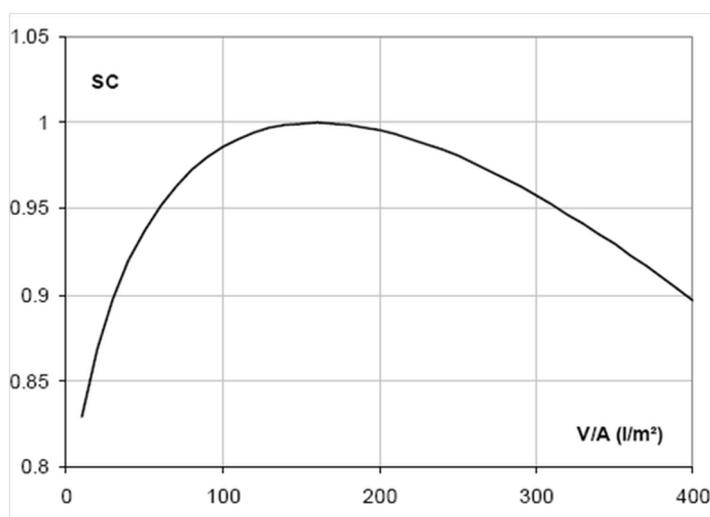
### 7.2.1. • Dimensionnement du ballon de stockage

Pour les SSC à stockage hydraulique, le ratio communément admis est de 50 à 100 litres par m<sup>2</sup> de capteurs plans vitrés. On donne (Figure 20), le facteur de correction des performances solaire en fonction du ratio volume de stockage solaire sur surface de capteurs installée.

On constate que le ratio « volume de stockage solaire sur surface de capteurs » optimal est de 160 l/m<sup>2</sup>. Ce ratio implique un stockage très important. La performance est peu impactée pour un ratio compris entre 50 et 300 l/m<sup>2</sup>. Néanmoins, le ratio « volume de stockage solaire sur surface de capteurs » doit être strictement supérieur à 50 litres par m<sup>2</sup>.

#### Commentaire

Les capacités de stockage actuellement constatées sur le marché sont de l'ordre de 750 ou 1000 litres pour des installations de 10 à 20 m<sup>2</sup> de capteurs solaires. Elles vérifient le ratio de 50 à 100 l/m<sup>2</sup> défini.



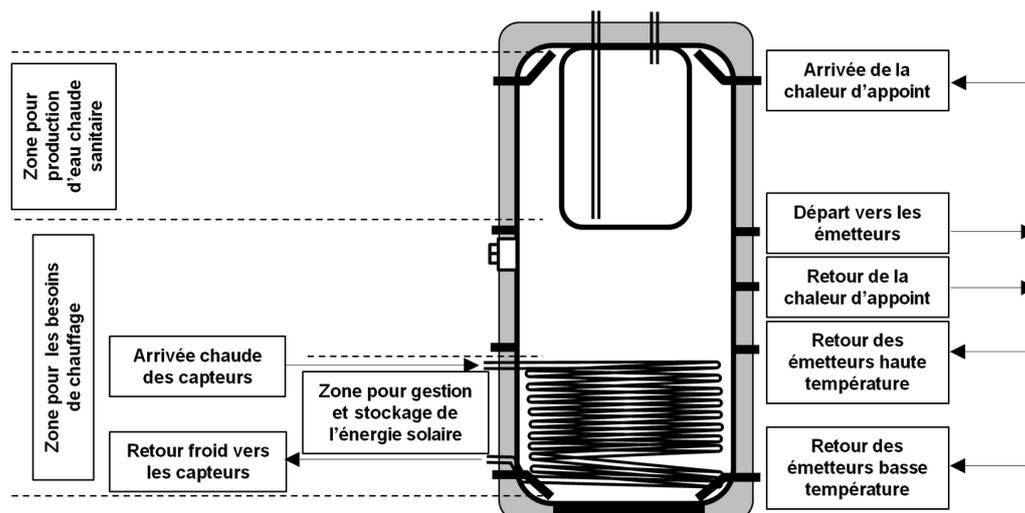
▲ Figure 20 : Efficacité d'échange solaire en fonction du ratio volume de stockage sur surface de capteurs

### 7.2.2. • Conception du ballon de stockage

Les ballons de stockage présentent différentes zones de température. On trouve :

- le tiers supérieur qui est réservé à la production d'eau chaude sanitaire (dans le cas où celle-ci est prévue) ;
- le tiers médian qui est utilisé pour les besoins de chauffage ;
- le tiers inférieur qui est consacré à la production solaire.

La (Figure 21) illustre les différentes zones et leurs utilisations associées.



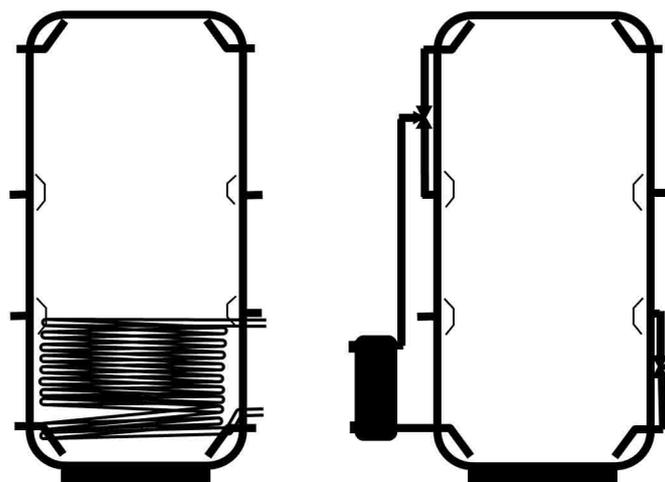
▲ Figure 21 : Répartition de la chaleur dans un ballon de stockage



**Lorsque l'appoint du SSC est réalisé par une chaudière bois ou une pompe à chaleur, le ballon de stockage permet le couplage hydraulique entre eux. Une attention particulière doit être portée aux choix des positions de raccords pour éviter que les différentes énergies ne se perturbent. Les hauteurs des piquages retenues déterminent le volume spécifique de stockage accordé à chaque source.**

Les ballons de stockage avec échangeur interne ou externe pour le chauffage seul, comme illustré (Figure 22), sont présents sur le marché sous la dénomination de « ballon tampon » ou « ballon d'hydro-accumulation ». Il en existe de nombreux modèles permettant de répondre aux besoins des installations de systèmes solaires combinés nécessitant un volume de stockage important.

Les échangeurs thermiques à serpentin sont disponibles uniquement jusqu'à certaines limites (environ 3,5 m<sup>2</sup> de surface d'échange, soit environ 15 m<sup>2</sup> de capteurs). Les installations de plus grande taille font appel à des échangeurs externes.



▲ Figure 22 : Ballon avec échangeur intérieur et extérieur

On rappelle que la production d'eau chaude sanitaire peut être assurée de différentes manières. Elle peut être :

- produite directement dans le ballon de stockage solaire destiné au chauffage : l'installation fonctionne sur le principe de la stratification de la température. L'ECS peut alors être produite :
  - en partie haute du ballon de stockage dans un ballon indépendant en bain marie ;
  - par un échangeur instantané immergé dans le ballon de stockage ;
  - par un échangeur extérieur à plaques.
- produite dans un ballon indépendant : le ballon de stockage ECS est du même type qu'un chauffe eau solaire individuel (CESI) et les capteurs solaires sont raccordés au ballon de tampon assurant le chauffage (s'il existe) et au ballon de stockage d'ECS.

### Production d'eau chaude sanitaire par bain marie

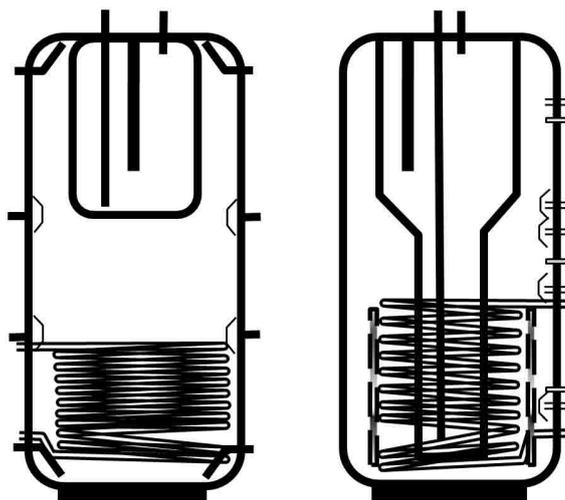
Les ballons de stockage, équipés d'une production d'ECS intégrée, disposent d'une réserve d'eau complètement indépendante du réseau hydraulique de chauffage. C'est le principe de « l'accumulateur dans l'accumulateur ». Le chauffage de l'eau du ballon de stockage chauffe le ballon d'ECS par bain-marie. Le réservoir d'ECS est placé dans la partie la plus haute du ballon de stockage. L'entrée d'eau froide se fait en partie basse du réservoir et la sortie d'eau chaude en partie haute. Sa protection anti-corrosion est double du fait d'un double revêtement d'émail et d'une anode de magnésium. Le volume d'accumulation peut soit être entièrement chauffé ou chauffé uniquement dans sa partie supérieure (avec dans ce cas une température de consigne plus élevée).



## Commentaire

Une résistance électrique peut être intégrée au réservoir d'ECS, notamment pour assurer la mise en température de l'eau chaude sanitaire en période estivale, si le solaire n'est pas suffisant. Cette solution permet l'arrêt complet de l'appoint hydraulique (si existant) en été.

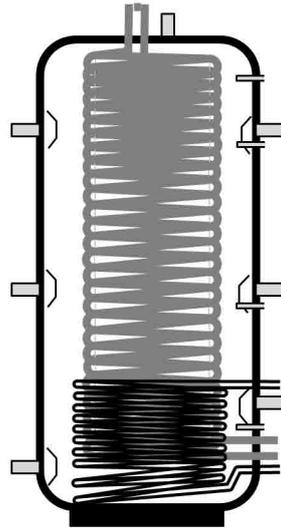
La (Figure 23) illustre deux configurations de ballons de stockage solaire avec une production d'eau chaude sanitaire par bain marie.



▲ Figure 23 : Exemples de ballons de stockage équipés d'une production d'eau chaude sanitaire par bain marie

## Production d'eau chaude sanitaire par échangeur incorporé

Les ballons de stockage peuvent être équipés d'un échangeur interne assurant une production d'eau chaude sanitaire de type semi-instantanée. Il est placé soit en partie haute du ballon, soit sur toute sa hauteur (Figure 24). De capacité importante et de grande surface d'échange, ce type d'échangeur permet d'assurer des débits d'ECS importants (de l'ordre de 20 à 45 litres par minute).



▲ Figure 24 : Exemple d'un ballon de stockage équipé d'une production d'eau chaude sanitaire par échangeur incorporé

### Production d'eau chaude sanitaire par échangeur à plaques extérieur

Une production d'ECS par échangeur extérieur à plaques est obligatoire pour les systèmes solaires à charge directe avec ballon de stockage. La sélection de cet échangeur doit se faire conformément aux prescriptions du constructeur.

### Production d'eau chaude sanitaire par ballon séparé

Pour les installations présentant des points de puisage trop éloignés du ballon de stockage, un ballon assurant la production d'eau chaude sanitaire doit être mis en œuvre au plus près des points d'utilisations. Cette solution permet d'éviter des temps d'attente et des pertes thermiques trop importants lors des soutirages d'eau chaude.

Les canalisations entre le ballon de stockage et le ballon d'ECS sont correctement isolées.

L'arrêté du 30 novembre 2005 indique les prescriptions relatives à la prévention du risque de développement des légionnelles dans les installations de production d'eau chaude sanitaire :

- pour un volume de stockage de l'eau chaude sanitaire supérieur ou égal à 400 L (ballon final seul), la température de l'eau au point de mise en distribution doit être au minimum de 55°C ou être portée à un niveau suffisamment élevé au moins une fois par 24 h ;
- lorsque le volume entre le point de mise en distribution et le point de puisage le plus éloigné est supérieur à 3 litres, la température de l'eau en circulation doit être au minimum de 50°C en tout point du système de distribution. Les prescriptions de l'arrêté ne s'appliquent pas à la sortie du ballon de préchauffage.



### 7.2.3. • Le local

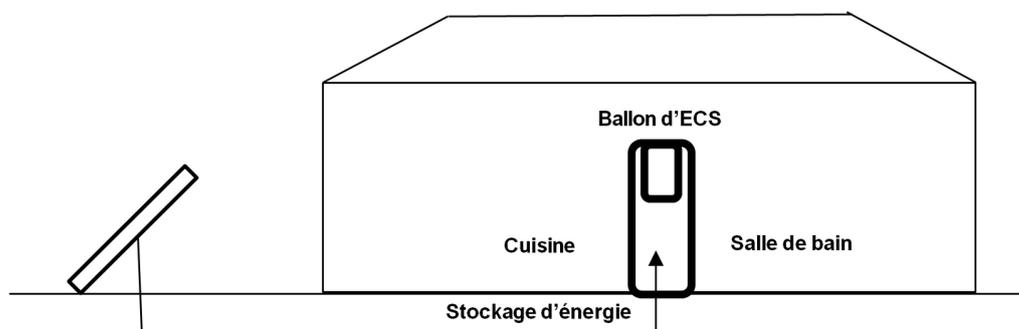
L'emplacement du ballon de stockage et de tous les éléments nécessaires au fonctionnement doivent être installés dans une pièce du volume chauffé de l'habitation, et au minimum dans un local fermé et isolé. On évitera tous locaux non chauffés de l'habitation, tel que les caves, les garages, les appentis, et bien évidemment toutes pièces sans isolation.

Pour des raisons de confort (thermique et acoustique) on évitera une implantation dans les zones de vie (chambre, salon...).

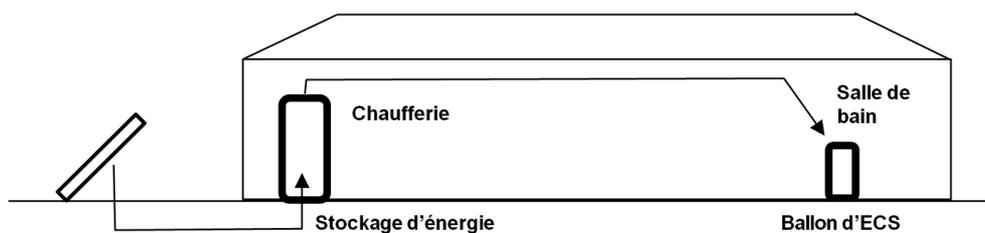
Il doit être pris en compte les différents ouvrants tels que les fenêtres, les portes-fenêtres ainsi que des ventilations existantes afin que chacun garde sa fonctionnalité première.

Comme illustré par la (Figure 25), afin de limiter les déperditions dans le circuit hydraulique primaire, le ballon de stockage doit être le plus près possible des capteurs solaires et le ballon de stockage d'énergie, surtout s'il assure la production d'eau chaude, proche des points d'utilisation (salle de bain et cuisine).

S'il est impossible de satisfaire ces deux conditions, notamment de part la configuration des lieux, un ballon d'eau chaude est installé près des points d'utilisation, comme vu (Figure 26). Celui-ci est raccordé au ballon de stockage d'énergie solaire.



▲ Figure 25 : Implantation du ballon de stockage solaire



▲ Figure 26 : Implantation du ballon de stockage solaire

La mise en place d'un SSC avec ballon de stockage implique de disposer d'une surface au sol de plus de 2 m<sup>2</sup>. Une surface suffisante doit également être disponible pour le petit appareillage (soit approximativement 2 m<sup>2</sup>)



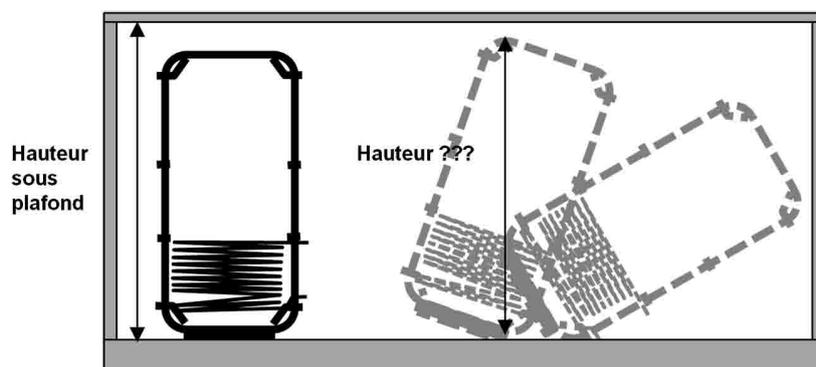
La mise en place d'un SSC à charge solaire directe ou hybride, implique une emprise au sol de 1 à 1,5 m<sup>2</sup> et une hauteur légèrement inférieure à 2 mètres.

Il faut s'assurer que la résistance mécanique des éléments porteurs recevant le ballon est suffisante pour supporter la surcharge (plancher, dalle, carrelage). La charge au sol peut atteindre facilement les 500 à 700 kg/cm<sup>2</sup>. Il est conseillé de prévoir une plaque de la dimension du ballon permettant une meilleure répartition du poids sur le plancher. Dans tous les cas seul un calcul de structure peut permettre d'assurer la tenue du plancher.

Le ballon est suffisamment éloigné des murs (20 à 30 cm) afin de permettre les travaux de raccordements, le passage des canalisations ainsi que les opérations d'entretien et de maintenance.

La hauteur sous plafond du local doit être supérieure à 2 mètres et en tout état de cause 20 à 30 cm de plus que la hauteur du ballon mise en œuvre, permettant un accès aux éléments situés sur le dessus.

Comme vu (Figure 27), il est nécessaire de vérifier la concordance entre la hauteur sous plafond et la longueur de la diagonale du ballon afin de permettre le redressement du réservoir lors de sa mise en place.



▲ Figure 27 : Contrôle de la diagonale du réservoir

La largeur des passages doit être prise en compte pour les accès et l'évacuation éventuelle du gros matériel. Les ballons de stockage sont généralement fournis non équipés de leur jaquette isolante, ceci permettant de les faire passer par des ouvertures standard jusqu'à 1000 litres. Au delà, il faut disposer de passages de plus de 90 cm de large. Pour des ballons de plus de 2000 litres, il est nécessaire de prévoir un accès dédié dans un local dont la hauteur sous plafond peut aller jusqu'à 3 mètres et l'accès en largeur jusqu'à plus de 2 mètres.

### Commentaire

Un ballon de stockage de 1000 litres peut passer par une porte de 80 cm de large (sans sa jaquette isolante). Mis en place et équipé, son diamètre final atteint près de 1mètre sur une hauteur de 2,2 mètres. Pour un ballon de 1500 litres, le diamètre est de 1m et 1,20m respectivement sans et avec sa jaquette isolante.



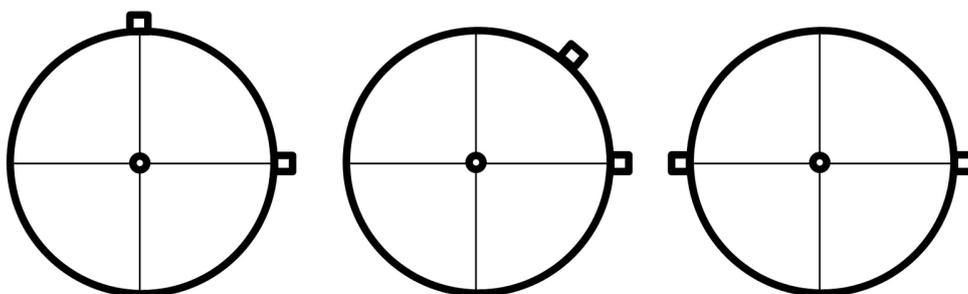
Lors de la création d'une ouverture pour accéder au local technique, il doit être proposé une porte à double battants de plus d'un mètre de libre passage. L'idéal est un accès direct depuis l'extérieur.

### Commentaire

Certain fabricants de ballons proposent des modèles de forme ovale permettant l'installation dans de petites pièces.

## 7.2.4. • Les réservations

Les réservations doivent tenir compte de la conception propre du ballon de stockage et notamment de la position et du nombre de piquages, comme vu (Figure 28). Elles doivent également considérer l'emplacement du ballon dans le local, les arrivées et les départs des canalisations d'eau froide et d'eau chaude ainsi que tous les accessoires nécessaires au bon fonctionnement.



▲ Figure 28 : Différents positionnement de piquages (vue de dessus)

## 7.2.5. • La stratification

Un aspect important de ces réservoirs est leur capacité à stratifier correctement la chaleur : les couches les plus chaudes sont en partie haute du ballon, les plus froides en partie basse.

La stratification est à favoriser car un volume tampon entièrement brassé peut induire des dysfonctionnements dus à une réduction de l'écart de température côté production et côté usage. En outre, cette stratification permet d'optimiser la charge en refroidissant la température en entrée de capteurs solaires.

Afin de favoriser la stratification au sein du volume tampon, un rapport hauteur sur diamètre supérieur ou égal à 3 est conseillé.

En deçà, on constate l'absence de stratification entre le bas et le haut du réservoir, au détriment des cycles de charge dont les températures de retour sont plus élevées. A volume identique, on préfère donc un réservoir haut et étroit.

**Commentaire**

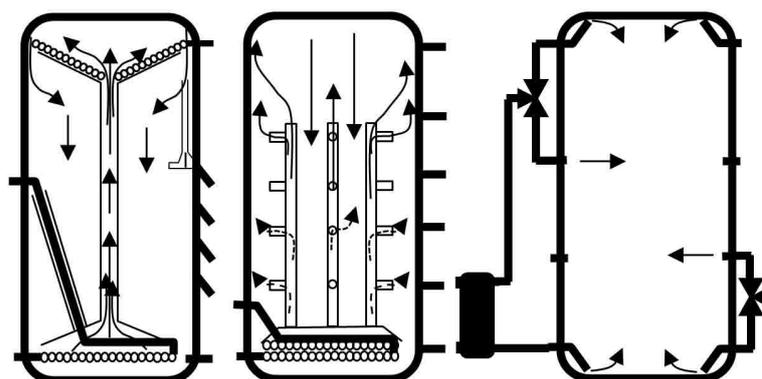
Les pertes thermiques sont légèrement plus élevées puisque la surface extérieure est plus importante (à contenance identique) lorsque le rapport hauteur sur diamètre augmente. Ces pertes peuvent être compensées par une épaisseur de calorifuge supplémentaire.

Les arrivées des circuits dans le ballon doivent être équipées de brise-jet pour éviter le mélange des différentes couches de température existantes.

Il existe des systèmes de stratification, dits : « dynamiques », c'est-à-dire équipé d'accessoires, interne ou externe au ballon, qui permettent d'augmenter ce phénomène de mouvement de chaleur vers le haut du réservoir. La (Figure 29) illustre des exemples de ballons à stratification dynamique.

**Comment faire**

Pour le raccordement des ballons à stratification, il est impératif de suivre les préconisations du fabricant.



▲ Figure 29 : Ballons à stratification dynamique, interne et externe

### 7.2.6. • Les déperditions du ballon

Les déperditions thermiques des ballons de stockage ne sont pas négligeables. Une isolation de qualité doit être mise en œuvre. L'ensemble de la jaquette isolante doit répondre à des conditions spécifiques :

- l'épaisseur de l'isolant doit tenir compte de la surface des parois et être au minimum de 10 cm ;
- toutes les surfaces doivent être isolées des parties verticales en passant par le dessous et le dessus ;
- l'isolation doit être bien ajustée lors de la pose ;
- tous les raccords, les piquages, les trappes et autres accessoires doivent être parfaitement pris en considération, y compris les parties non utilisées.



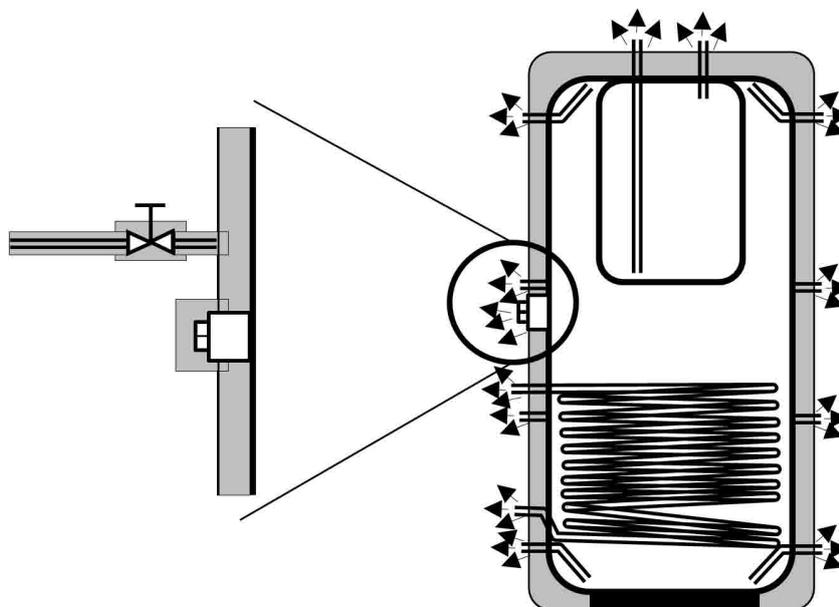
Comme vu (Figure 30), toutes les étanchéités nécessaires pour les raccordements hydrauliques sont faites avec soin pour éviter les fuites, surtout les suintements, qui peuvent détériorer la qualité thermique de l'isolant très rapidement. Un ballon surélevé par une dalle béton est ainsi à l'abri des remontées d'humidité dans son isolant en cas de fuite dans le local.

### Commentaire

La mise en œuvre pas toujours aisée de l'isolation en jaquette souple génère des courants convectifs non contrôlés (c'est à dire un effet de cheminée entre le ballon et l'isolant). Un courant d'air entre la cuve et l'isolant augmente considérablement les déperditions des parois verticales.

Les températures élevées du réservoir de stockage, notamment en période estivale (plus de 85°C), limite l'utilisation de certains matériaux isolants. On trouve :

- l'isolation en mousse de polyuréthane (PUR), aujourd'hui sans CFC ;
- les matelas de laine minérale, ceinturés par une feuille d'aluminium et recouverts d'un manteau en aluman ;
- les coquilles en polystyrène, recouvertes d'un manteau de tôle laquée, amovible (mais parfois limité à certaines températures).
- la résine de mélamine, nouveau matériau très résistant à la haute température et facilement dissociable du manteau extérieur.



▲ Figure 30 : Tous les piquages raccordés ou non doivent être isolés avec soin

## 7.2.7. • Raccordements hydrauliques

Le raccordement des canalisations sur le ballon est réalisé avec des raccords démontables vissés sur la vanne d'isolement positionnée

au départ de chacun des circuits hydrauliques. Il peut être réalisé des lyres anti thermosiphon évitant une décharge de chaleur dans les canalisations.

La mise en œuvre des canalisations du circuit hydraulique doit être réalisée selon les prescriptions du DTU 65 10. Il faut veiller notamment à ce que la libre dilatation puisse se faire (par des changements de direction, des lyres ou des compensateurs de dilatation) sans entraîner de désordres aux supports, aux accessoires et aux traversées de parois.

Les matériaux constitutifs des canalisations doivent être également compatibles avec le liquide caloporteur (voir NF DTU 65 12 P1-2).

En été, le ballon peut atteindre 85°C, de fait, il ne faut pas réaliser les canalisations en PER directement sur le ballon. Les canalisations en acier galvanisé ne sont pas autorisées.

Concernant le raccordement d'eau sanitaire, et selon la NF C15-100-05 : « si la tuyauterie de distribution est en cuivre, un manchon en acier, en fonte ou en matière isolante doit être interposé entre la sortie eau chaude du chauffe-eau et cette tuyauterie. »

Les dispositifs de stockage doivent comporter les équipements permettant d'assurer les opérations d'entretien et de maintenance tels qu'un système de purge en point haut, une vanne en partie basse permettant de réaliser la vidange du réservoir et les chasses, une trappe de visite facilitant les opérations de contrôle et un thermomètre en partie haute pour le contrôle de la température.

### Commentaire

Les canalisations d'évacuation doivent disposer d'une rupture de charge avant déversement par mise à l'air libre afin d'éviter les retours. La garde d'air doit être d'au moins 2 cm.

Les canalisations aller et retour du circuit de chauffage peuvent être munies de vannes de d'arrêt, pour une maintenance facilitée notamment.

Ces vannes doivent être maintenues fermées en dehors des opérations de maintenance sur le circuit de chauffage. Les volants de ces vannes sont de préférence retirés.

Si les canalisations aller et retour du circuit de chauffage sont munies de vannes d'arrêt, une soupape de sécurité appropriée de dimensions adéquates doit être mise en œuvre au niveau du ballon de stockage

La soupape de sécurité doit être installée à un endroit accessible à proximité immédiate du ballon de stockage. Il n'y a aucune vanne d'arrêt entre le ballon et la soupape de sécurité.

Notamment en saison estivale, l'eau chaude en sortie du ballon peut atteindre une température de l'ordre de 90°C. L'arrêté du 30 novembre 2005 impose :



- dans les pièces destinées à la toilette, la température maximale de l'eau chaude sanitaire est fixée à 50°C aux points de puisage ;
- dans les autres pièces, la température de l'eau chaude sanitaire est limitée à 60°C aux points de puisage.

Un organe tel que le mitigeur thermostatique est donc obligatoire. Il doit avoir les caractéristiques suivantes :

- plage de réglage : 25-60°C ;
- température maximale à l'entrée : 110°C ;
- pression différentielle maxi ( $\Delta p$ ) : 5 bars.

Il doit être équipé de clapet anti-retour homologué, conformément à la norme européenne EN1717 (protection contre la pollution de l'eau potable dans les installations d'eau et exigences générales des dispositifs pour empêcher la pollution par retour d'eau).

# CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU CIRCUIT PRIMAIRE SOLAIRE



Le dimensionnement des différents composants de l'installation (circulateurs, vase d'expansion, diamètre des canalisations...) doit être défini précisément. Il doit être réalisé conformément aux prescriptions des fabricants. Des informations générales de conception et de dimensionnement sont données ci-après.

## 8.1. • *Canalisations*

La température maximale atteinte peut-être par exemple la température de stagnation des capteurs solaires. La température et la pression maximales de service des canalisations doivent être supérieures à cette température de stagnation (pouvant dépasser 200°C) et à la pression maximale de service (pouvant atteindre 10 bars) spécifiées par le fabricant des capteurs.

### Commentaire

Dans le cas d'installations autovidangeables, la température et la pression maximales de service des canalisations doivent être supérieures à la température et à la pression maximale pouvant être atteintes par l'installation. La température maximale pouvant être atteinte dépend du réglage du régulateur. La pression de service maximale est plus faible que pour les installations à capteurs remplis en permanence, elle est en général inférieure à 3 bars.

Les matériaux constitutifs des canalisations doivent être compatibles avec le liquide caloporteur afin d'éviter les désordres électrolytiques (effet de pile). Les canalisations en cuivre ou en acier inoxydable annelé sont couramment utilisées.





**Les canalisations en acier galvanisé ne sont pas autorisées.**

**Attention aux risques de brûlures si les capteurs solaires et le circuit primaire sont facilement accessibles.**

Les matériaux constitutifs des raccords et des joints d'étanchéité doivent répondre aux mêmes exigences de température, de pression maximales et de compatibilité au liquide caloporteur que les canalisations. L'ensemble des raccordements se fait par soudo-brasage. L'emploi des raccords vissés est interdit en partie non accessible et doit être limité pour le démontage des accessoires.

Pour limiter les pertes thermiques, les tuyauteries doivent être les plus courtes possibles.

Les tuyauteries du circuit primaire doivent être d'un diamètre suffisant pour permettre la circulation du liquide caloporteur au débit recommandé, en général 40 à 70 l/h par m<sup>2</sup> de capteur, avec une vitesse de circulation inférieure ou égale à 1 m/s. Le diamètre intérieur est donné par la relation suivante :

$$Di = 2 \times \frac{\sqrt{v}}{\sqrt{q}}$$

Avec :

- Di : diamètre intérieur de la tuyauterie exprimé en (m)
- v : vitesse du fluide exprimée en (m/s)
- q : débit du fluide exprimé en (m<sup>3</sup>/s)

Pour un débit de 50 l/h.m<sup>2</sup> et une vitesse de circulation inférieure ou égale à 1 m/s, le diamètre intérieur des tuyauteries est de :

$$Di \geq 4,2\sqrt{S}$$

Avec :

- Di : diamètre interne exprimé en (mm)
- S : surface de capteurs en (m<sup>2</sup>)

On donne, dans le tableau (Figure 31), les diamètres intérieurs des canalisations en fonction de la surface de capteurs et du débit.

Superficie de capteurs solaires	Débit dans les capteurs solaires			
	Haut débit (High-flow) 40 à 70 l/h.m <sup>2</sup>		Faible débit (Low-flow) 15 à 30 l/h.m <sup>2</sup>	
	Diam cuivre	Diam inox	Diam cuivre	Diam inox
Jusqu'à 5 m <sup>2</sup>	16	16	12	12
De 5 à 8 m <sup>2</sup>	18	20	14	16
De 8 à 20 m <sup>2</sup>	22	25	18	20
De 20 à 35 m <sup>2</sup>	28	32	22	25

▲ Figure 31 : Exemples de diamètres de canalisations



## 8.2. • Isolation thermique

Une mauvaise isolation des tuyauteries peut dégrader les performances d'une installation solaire. L'ensemble des canalisations (y compris les coudes, les tés...) doit être calorifugé. L'isolation du circuit primaire solaire doit résister à la température maximale du tronçon considéré et aux contraintes mécaniques.

Les matériaux couramment choisis sont :

- pour les capteurs plans, des matériaux qui supportent des températures d'au moins 150°C tels que les mousses élastomères de type éthylène-propylène-diène monomère (EPDM) et les laines minérales ;
- pour les capteurs sous-vide, des matériaux qui tolèrent des températures d'au moins 170°C tels que les laines minérales.

Dans le respect de la protection de l'environnement, il convient de ne pas utiliser de matériaux fabriqués à l'aide de chlorofluorocarbones ou en contenant. Les matériaux isolants ne doivent pas contenir de constituants qui, à la température de stagnation émettent des gaz toxiques et très irritants pour la peau et les yeux.

Les calorifuges installés à l'extérieur doivent être résistants aux intempéries et protégés des agents agressifs (rayonnement UV, conditions météorologiques en général et « agressions » des rongeurs et oiseaux).

L'épaisseur de l'isolant thermique est choisie en fonction de sa conductivité thermique  $\lambda$  et du diamètre des canalisations. On donne, dans le tableau (Figure 32), quelques exemples d'épaisseurs d'isolants.

Diamètre extérieur de canalisation en cuivre (mm)	Épaisseur d'isolant (mm)	
	Laine de verre ( $\lambda=0,038$ W/m.K)	Caoutchouc synthétique type EPDM ( $\lambda=0,042$ W/m.K)
16	15	19
18	15	19
22	20	25
28	20	25

▲ Figure 32 : Exemples d'épaisseurs d'isolants

### Commentaire

Pour réduire les pertes thermiques, il peut être intéressant d'augmenter l'épaisseur de l'isolant thermique définie dans le tableau de la (Figure 32) si les mètres linéaires de canalisations sont importants.



### 8.3. • *Le circulateur*

Le circulateur permet la circulation du liquide caloporteur entre les capteurs et l'échangeur du ballon. Il est commandé par la régulation solaire. Il doit :

- résister aux températures de fonctionnement (turbine, joints, raccords) ;
- supporter le contact continu avec le liquide caloporteur (eau et glycol) ;
- admettre les pressions de l'installation solaire ;
- accepter de fréquentes commutations (marche, arrêt, variation) ;
- fonctionner avec un bon rendement au point de consigne ;
- avoir une faible consommation d'énergie.

Il est sélectionné en fonction du débit préconisé dans les capteurs et est dimensionné de sorte qu'il puisse vaincre les pertes de charge des réseaux, des capteurs, du ou des échangeur(s) et des équipements présents sur le circuit (clapet anti-retour, vanne d'équilibrage notamment).



**La perte de charge d'un liquide glycolé est plus élevée que celle de l'eau. Les pertes de charge doivent être majorées selon de la concentration d'antigel. Pour les canalisations en cuivre, le coefficient de majoration à utiliser est respectivement de 1,19 et 1,26 pour des densités de 30% et 40% d'antigel.**

Le point de fonctionnement du circulateur doit se situer dans la partie centrale de la courbe, autour du point nominal pour lequel le rendement est maximal afin de limiter les consommations d'énergie et le risque de cavitation ou d'échauffement.

#### Commentaire

Les débits de liquide couramment utilisés varient de 40 à 70 l/h par m<sup>2</sup> de capteur solaire. Dans les capteurs « faible débit ou Low-flow » le débit est plutôt de 15 à 30 l/h et par m<sup>2</sup>.

Il est installé sur la canalisation d'entrée des capteurs solaires car la température y est la plus faible. Il est placé en aval du vase d'expansion. Il doit être accessible pour les opérations d'entretien et de maintenance.

La commande du circulateur en service doit être réalisée de telle sorte que son fonctionnement, après une coupure d'électricité, reprenne automatiquement. Un avertissement doit être prévu dans le cas contraire.

La teneur en glycol du liquide caloporteur ne doit pas être supérieure à 50%. Dans le cas contraire, à basse température, le circulateur risque de ne pas démarrer du fait d'une trop grande viscosité.

#### Commentaire

La pompe d'une installation autovidangeable doit être capable de remonter le fluide au niveau le plus haut de l'installation et donc de vaincre la hauteur manométrique maximale pour la remise en eau de l'ensemble. Elle est de type à moteur ventilé. Sa puissance peut être identique à celle nécessaire pour le même circuit sous pression dans le cas où la pression statique (différence de niveau entre le haut des capteurs et le bas du réservoir) est identique ou inférieure aux pertes de charges du circuit à débit nominal (pression dynamique).

## 8.4. • *Systèmes évitant l'inversion du sens d'écoulement*

Dans le cas d'une installation à circulation forcée, un système anti-thermosiphon est indispensable lorsque le ballon de stockage est disposé au même niveau ou en dessous des capteurs car, en son absence, un thermosiphon pourrait se déclencher la nuit en sens inverse et provoquer un refroidissement intempestif du ballon de stockage.

#### Commentaire

Les installations autovidangeables ne requièrent pas la pose d'un clapet anti-thermosiphon. Le réservoir de vidange permet d'éviter toute circulation inverse par thermosiphon dans le circuit hydraulique irriguant les capteurs.

Le système anti-thermosiphon permettant d'éviter l'inversion du sens de l'écoulement peut être assuré par un clapet anti-thermosiphon. Il crée une résistance suffisante pour empêcher le thermosiphon de s'amorcer.

Ces organes sont à clapet, à ressort ou à disque de retenue. Ceux à clapet anti-retour entraînent des pertes de charges minimales dans le sens du flux. Les clapets à ressort de bonne qualité sont en général plus fiables, il vaut mieux les installer en position verticale.

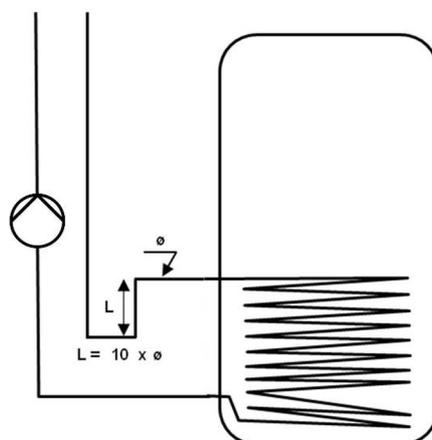
Ces clapets doivent pouvoir accepter les hautes températures d'une installation solaire.

Il doit être accessible pour les opérations d'entretien et de maintenance (remplacement, vidange de l'installation,...). Les pertes de charge doivent être aussi réduites que possible (inférieures à 0,3 m eau).

La mise en œuvre d'une lyre anti-thermosiphon est recommandée. Elle est à confectionner (10 x le diamètre de la conduite) sur le départ du ballon de stockage (Figure 33). Ceci afin d'éviter une mise en place d'un effet de thermosiphon laminaire à l'intérieur même des



conduites ce qui entraînerait des déperditions inutiles. La partie horizontale basse ne doit pas être isolée.



▲ Figure 33 : Lyre anti-thermosiphon

## 8.5. • Système de purge

Chaque point haut de l'installation doit être pourvu d'un purgeur d'air. Ils servent à éliminer l'air contenu dans le circuit hydraulique.

### Commentaire

Il est très important d'éliminer l'air soigneusement pour empêcher la corrosion qui se produit avec l'oxygène contenu dans l'air. Ces attaques corrosives se concentrent sur les matériaux mis en œuvre et sont un facteur de vieillissement accéléré pour le liquide caloporteur.

Il existe plusieurs techniques pour éliminer l'air des circuits hydrauliques :

- purge pendant le remplissage initial avec des purgeurs manuels ou automatiques ;
- dégazage sous pression à la mise en service par une pompe électrique à fort débit et d'au moins 40 mètres de hauteur manométrique ;
- élimination des petites bulles d'air pendant les montées en température et le fonctionnement courant par un dégazeur placé sur le circuit hydraulique.

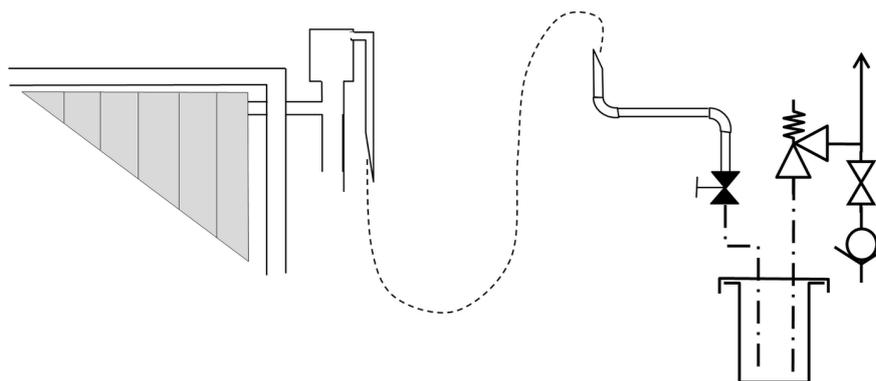
### Commentaire

On préfère l'utilisation de purgeur manuel en sortie de capteurs. Les purgeurs automatiques sont trop souvent sources de fuite. Ils peuvent également être source d'une absence de purge du fait d'un « collage ».

Pour les purgeurs d'air au niveau des capteurs solaires, la plage de température de fonctionnement considérée est généralement de  $-10^{\circ}\text{C}$  à au moins  $150^{\circ}\text{C}$ . Dans le cas où des purgeurs automatiques

sont installés et que les vannes d'isolement sont fermées à l'issue des opérations de purge, on peut considérer une température de 110°C maximum.

Pour les installations disposant de purgeurs manuels, il est préférable, pour simplifier la maintenance, de disposer de bouteilles de purge au point haut de l'installation avec un report capillaire en cuivre de diamètre 4 mm muni de vanne d'arrêt dans le local technique. Les purgeurs sont alors raccordés au réservoir de récupération comme le montre la (Figure 34).



▲ Figure 34 : Purgeur manuel ramené en local technique et branché dans le bidon de récupération

Pour les installations disposant de purgeur automatique :

- une vanne d'isolement résistante aux hautes températures doit être intercalée entre la canalisation et le purgeur, cette vanne doit être maintenue fermée en dehors des opérations de purge de l'installation. Ceci pour éviter la vidange du circuit primaire par dégazage en cas de montée anormale en température du capteur (180°C : cas de la stagnation) ;
- le flotteur ne doit pas être en plastique mais en acier inoxydable.

Dans le cas de purgeurs automatiques, le diamètre de raccordement du purgeur doit être d'au moins 1/2".

En cas d'absence de dégazeur dans le groupe hydraulique il est nécessaire d'en équiper les conduites. Afin que ce séparateur d'air fonctionne correctement, il sera placé sur la partie basse de l'installation. La vitesse de circulation sera suffisamment importante pour entraîner les bulles d'air vers le bas. Il doit être conçu pour être utilisé dans les installations solaires et pour résister à des hautes températures.

### Commentaire

Les installations autovidangeables ne requièrent aucune purge d'air au niveau des capteurs. Néanmoins, elle reste fortement conseillée notamment en cas d'erreur de remplissage du circuit.



## 8.6. • Vase d'expansion solaire

Un vase d'expansion fermé doit être installé pour compenser la dilatation du liquide caloporteur du circuit lors de montées en température.

### Commentaire

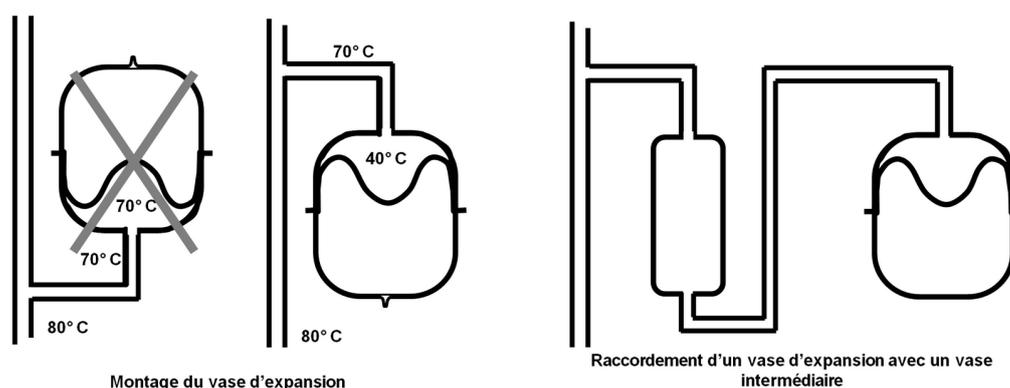
Pour les installations autovidangeables, un vase d'expansion n'est pas nécessaire lorsque le dispositif de vidange est conçu pour assurer ce rôle, en termes de volume, de température et de résistance à la pression.

Le vase d'expansion a aussi pour rôle de stocker le fluide caloporteur à l'état liquide lors des phases d'évaporation dans les capteurs solaires.

Le vase d'expansion doit être conforme aux spécifications du NF DTU 65 11 P1-2.

Il est installé sur la canalisation d'entrée des capteurs solaires car la température y est la plus faible. La plage de température de fonctionnement généralement considérée pour ce circuit est de  $-10^{\circ}\text{C}$  à  $+120^{\circ}\text{C}$  et la pression maximale dépend de la pression de tarage de la soupape de sécurité déterminée.

La température maximale admissible par la membrane ou la vessie du vase d'expansion n'étant, en général, que de  $70^{\circ}\text{C}$ , les conditions de montage doivent tenir compte de cette contrainte. La (Figure 35) illustre différentes solutions pour le montage et le raccordement du vase d'expansion.



▲ Figure 35 : Raccordement du vase d'expansion

Le vase d'expansion ainsi que sa conduite de raccordement ne doivent pas être calorifugés.

La membrane du vase doit accepter le fonctionnement avec le liquide caloporteur contenant du propylène glycol.

Le vase d'expansion est placé en amont du circulateur. Il doit comporter un dispositif manœuvrable (normalement fermé) de purge de gaz et un dispositif manœuvrable (normalement fermé) de vidange.



Il doit être accessible pour les opérations d'entretien et de maintenance.

Le dimensionnement d'un vase d'expansion consiste à déterminer sa pression de gonflage et sa capacité.

### Détermination de la pression de gonflage ( $P_{\text{gonflage}}$ )

La pression de gonflage est la pression nécessaire pour combattre la hauteur statique du bâtiment. Elle est donnée par la relation suivante :

$$P_{\text{gonflage}} = \frac{H_{\text{statique}}}{10} + 0,3 + P_{\text{vaporisation}} + \Delta_p \quad (\text{en bar})$$

Avec :

- $H_{\text{statique}}$ , la hauteur statique : la pression statique équivaut à la hauteur d'eau de l'installation, depuis le vase d'expansion jusqu'au point le plus élevé du circuit de chauffage. Sachant que 1 m de colonne d'eau équivaut à 0,1 bar. La pression de gonflage du vase exprimée en bar doit correspondre à la pression statique de l'installation augmentée de 0,3 bar ;
- $\Delta_p$ , la pression différentielle de la pompe : si le vase se situe sur l'aspiration de la pompe  $\Delta p=0$  et si le vase se situe sur le refoulement de la pompe, majorer la pression de gonflage de la pression différentielle de la pompe ;
- $p_{\text{vaporisation}}$ , la pression de vaporisation à la température maximale de fonctionnement (en pression relative). Elle est donnée par le tableau de la (Figure 36) pour différentes températures maximales de fonctionnement.

Température (°C)		Plage usuelle			
		100	110	120	130
Pression de vaporisation (en bar)	30 % de teneur en glycol	0	0,3	0,8	1,4
	40 % de teneur en glycol	0	0,2	0,6	1,2

▲ Figure 36 : Pression de vaporisation de l'eau glycolée (pression relative)

### Détermination du volume du vase ( $V_{\text{vase}}$ )

Le volume du vase est donné en litres par la relation suivante :

$$V_{\text{vase}} = (V_{\text{dilatation}} + V_{\text{dereserve}} + V_{\text{capteurs}} + 10\%) \times \frac{P_{\text{finale}} + 1}{P_{\text{finale}} - P_{\text{gonflage}}}$$

Avec :

- du volume de réserve (en litres) : afin de maintenir la pression en point haut, prévoir une réserve d'eau dans le vase de 0,5% de la contenance du réseau. A minima, une réserve de 3 litres est conseillée (le fluide est déjà dilaté au moment du remplissage du vase à température ambiante d'où la



possibilité d'un manque de fluide en hiver par exemple). On a :  $V_{\text{de réserve}} = V_{\text{réseau}} \times 0,005$  avec  $V_{\text{réseau}}$  (en litres)

- du volume des capteurs (en litres) : le volume du capteur est pris en compte dans le calcul du vase afin d'absorber la surchauffe lors d'un éventuel arrêt de l'installation (coupure électrique, problème sur le circulateur,...). Lors du refroidissement des capteurs, la totalité du fluide contenu dans ces derniers avant la surchauffe doit leur être restituée. En effet, si le vase est de contenance trop faible, les effets de surpression provoquent l'ouverture des soupapes de sécurité et un complément de fluide est à prévoir. Il est conseillé de prévoir une majoration de 10% de la contenance des capteurs. On a :  $V_{\text{capteurs+10\%}} = V_{\text{capteurs}} + (V_{\text{capteurs}} \times 0,1)$
- du volume de dilatation  $V_{\text{dilatation}}$  (en litres) : il est fonction du volume du réseau (y compris les capteurs) et de la dilatation de l'eau glycolée à température maximale de fonctionnement. On a :  $V_{\text{dilatation}} = V_{\text{réseau}} \times \text{Coefficient d'expansion}$  avec  $V_{\text{réseau}}$  (en m<sup>3</sup>).
- $p_{\text{finale}}$  (en bar) : pression finale du vase fixée en général à  $0,9 \times$  pression de tarage des soupapes de sûreté (afin que celles-ci ne s'ouvrent pas en fonctionnement normal de l'installation) ;
- $p_{\text{gonflage}}$  (en bar) : pression de gonflage du vase.

Le tableau (Figure 37) donne le coefficient d'expansion en l/m<sup>3</sup> en fonction du pourcentage de glycol et de la température maximale de fonctionnement. Généralement, le coefficient d'expansion est considéré pour une température de 120°C.

### Commentaire

Attention les pressions sont exprimées en pressions relatives (pression relative de 1,5 bar correspond à 2,5 bars de pression absolue).

		Températures (°C)															
		-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
% de glycol	0			0	1	2	4	8	12	17	23	29	36	43	52	60	69
	10			1	3	5	7	11	15	20	26	32	39	46	55	63	73
	20			2	5	8	11	14	18	23	29	35	42	49	58	67	76
	30		1	4	7	10	13	16	21	26	31	38	44	52	60	69	78
	40	4	7	10	13	15	17	21	25	30	36	42	49	56	64	73	82
	50	6	9	12	15	18	20	24	28	33	39	45	52	59	67	76	85

▲ Figure 37 : Coefficient d'expansion exprimé en l/m<sup>3</sup>

On donne à titre d'exemple, dans le tableau (Figure 38), le volume du vase d'expansion déterminé en fonction de la surface de capteurs et de la contenance en liquide du circuit primaire solaire. Les volumes



sont donnés pour une distance maximale de 20 mètres entre les capteurs et l'utilisation.

Superficie de capteurs solaires	Volume de liquide dans le circuit primaire solaire en litres	Volume du vase d'expansion en litres
Jusqu'à 5 m <sup>2</sup>	de 15 à 20	18
de 5 à 7 m <sup>2</sup>	de 18 à 30	25
de 7 à 10 m <sup>2</sup>	de 25 à 40	35
de 10 à 18 m <sup>2</sup>	de 45 à 65	60

▲ Figure 38 : Exemple de volume de vase d'expansion en litres

## 8.7. • La soupape de sécurité

Les équipements de sécurité sont nécessaires pour assurer un fonctionnement sécurisé, prévenir de la détérioration de l'installation et assurer la protection des personnes. La soupape de sécurité permet d'éviter un dépassement de la pression maximale de service. Elle est chargée d'évacuer d'éventuelles surpressions.

La soupape de sécurité est tarée à une pression inférieure à la pression maximale de service.

La soupape de sécurité est située sur le circuit en entrée de capteurs car la température y est la plus faible. La plage de température de fonctionnement généralement considérée pour ce circuit est de -10°C à +120°C. Elle est placée en amont du circulateur et du clapet anti-thermosiphon.

Aucune vanne ne doit être installée sur la tuyauterie reliant la soupape au circuit.

Elle doit être accessible pour les opérations d'entretien et de maintenance.

Elle doit être raccordée à un réservoir de récupération. Si celui-ci n'est pas laissé vide au moment de la mise en service, le niveau doit être repéré avec la date.

### Commentaire

Le liquide antigel, bien que « sanitaire, » est une substance dangereuse pour l'environnement et la santé. Il est donc interdit de le rejeter à l'égout et doit donc être récupéré.

La décharge éventuelle de la soupape doit se faire en toute sécurité. Le réservoir de récupération doit être conçu pour éviter des projections de liquide (notamment en cas de surchauffe de l'installation). La tuyauterie d'échappement de la soupape doit être rigide et résister aux hautes températures.

La soupape de sécurité, la tuyauterie de raccordement au circuit et la tuyauterie d'échappement de la soupape doivent être dimensionnées



de manière à libérer le plus fort débit d'eau chaude ou de vapeur susceptible de se former.

Le diamètre intérieur minimal (en mm) du tube de sécurité est déterminé en fonction de la puissance maximale  $P$  (en kW) reçue par le champ de capteurs. Le diamètre est donné par la relation suivante :  $d = 15 + 1,4P$  avec  $d$  au minimum égal à 26 mm.

Le réservoir de récupération présente une capacité suffisante, égale au minimum à la contenance des capteurs solaires, pour recueillir le liquide caloporteur.

### Commentaire

La pose d'une soupape de sécurité pour les installations autovidangeables n'est pas obligatoire. Néanmoins, elle reste fortement conseillée notamment en cas d'erreur de remplissage du circuit. Cette soupape se présente donc comme un organe de sécurité ultime, au cas où le circuit est entièrement rempli de fluide et que la procédure de remplissage n'est pas respectée.

## 8.8. • *La boucle de décharge*

Généralement, une boucle de décharge est obligatoire pour un système solaire combiné à charge directe avec ballon de stockage et une surface de capteurs installée de plus de 10 m<sup>2</sup>.

Dans le cas contraire, le professionnel doit se conformer strictement aux préconisations constructeurs.

La mise en œuvre de cette boucle de décharge doit être réalisée conformément aux prescriptions du constructeur.

Il existe plusieurs solutions pour cette décharge :

- une boucle de décharge enterrée ;
- un aérotherme compatible avec le liquide caloporteur du circuit solaire ;
- une boucle de décharge dans une piscine par le biais d'un échangeur à plaques.

### Commentaire

La boucle de décharge doit être à même de dissiper une puissance équivalente à 400 W par m<sup>2</sup> de capteurs solaires installés.

## 8.9. • *Le liquide caloporteur*

Une protection contre le risque de gel des capteurs et des tuyauteries exposées doit être prévue. Elle doit subsister même en cas de coupure prolongée de l'alimentation électrique.

**Commentaire**

Dans le cas des installations à capteurs autovidangeables, cette protection est assurée par le principe même de l'installation.

Le liquide caloporteur doit être compatible avec les matériaux constitutifs des capteurs et des divers éléments du circuit hydraulique afin de limiter les risques de corrosion. Il doit respecter les exigences de la norme ISO/TR 10217 et notamment celles relatives à l'association des fluides et des matériaux en circuit aéré et non aéré.

**Commentaire**

La compatibilité du liquide antigel avec l'ensemble de l'installation et notamment les absorbeurs est réputée satisfaite pour les liquides préconisés dans la notice technique, sous réserve du strict respect des instructions du fabricant.

Le liquide antigel et les additifs introduits doivent être choisis en respectant les exigences de la circulaire du 9 août 1978 modifiée (Règlement Sanitaire Départemental Type). Un antigel de qualité alimentaire doit donc être utilisé, comme par exemple un mélange à base de mono propylène glycol.

Dans le cas d'installation avec antigel, le produit introduit en l'état ou après dilution, doit avoir reçu de la Direction Générale de la Santé (DGS) l'approbation pour son classement en liste "A" des fluides caloporteurs pouvant être utilisés dans les installations de traitement thermique des eaux destinées à la consommation humaine (circulaire du 2 juillet 1985), après avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES).

Les consignes de sécurité indiquées dans la fiche de donnée de sécurité des produits utilisés doivent être respectées (port de gant lors de la manipulation du produit,...) et affichées à proximité du dispositif de remplissage et de vidange.

Le liquide antigel doit être choisi pour assurer une protection contre le gel suffisante, selon la température minimale du lieu considéré. Le tableau de la (Figure 39) donne la correspondance entre la température de protection et la concentration de mono propylène glycol.

Température de protection recherchée (en °C)	Concentration de mono propylène glycol à 20°C (en %)
-10	20
-14	25
-19	30
-24	35

▲ Figure 39 : Correspondance entre la température de protection et la proportion de mono propylène glycol

Pour bénéficier pleinement des qualités et des actions des adjuvants incorporés, la concentration minimale d'antigel est en général de 30%. Les concentrations d'antigel ne doivent pas être supérieures à 50%, le



circulateur risquant de ne pas démarrer du fait d'une trop grande viscosité car plus la teneur en glycol du mélange augmente, plus la capacité de transmission thermique de l'échangeur de chaleur diminue et plus les pertes de charge augmentent.

### Commentaire

Dans le cas des installations à capteurs autovidangeables, si la vidange complète des capteurs est assurée lors de l'arrêt de la pompe et s'il y a absence totale de risque de gel dans les canalisations extérieures, le circuit peut être rempli en eau. Dans le cas où ces conditions ne peuvent pas être remplies, le circuit fonctionne en liquide antigel de même nature que celui des installations sous pression, cependant la protection pourra être inférieure (15°C soit 30% au lieu de -25°C soit 40% de propylène-glycol) du fait de l'absence de risque de gel au niveau du capteur (vide en période de gel). Le professionnel doit dans tous les cas se conformer aux prescriptions du fabricant.

La marque commerciale et la concentration en antigel du liquide caloporteur doivent être indiquées de manière lisible et indélébile sur l'installation à un endroit facilement accessible.

Après le remplissage, il faut qu'apparaisse de manière lisible et indélébile sur l'installation et à un endroit facilement accessible :

- la marque de l'antigel utilisé et son type ;
- sa concentration ou son niveau de protection ;
- son pH ;
- la quantité de liquide injectée ;
- la périodicité de renouvellement de l'antigel (donnée fabricant).

Ces informations sont indispensables pour les interventions futures sur le circuit.

Le liquide antigel et les additifs utilisés doivent être stables aux températures pouvant être atteintes dans l'installation.

### Commentaire

La température maximale considérée vis à vis du liquide caloporteur est de 150°C.

Le liquide caloporteur peut-être dosé en antigel en usine (prêt à l'emploi) ou par l'installateur. Dans le cas d'une préparation par l'installateur, les préconisations suivantes doivent être respectées :

- le mélange d'eau potable (ou déminéralisée) additionnée d'antigel et d'agents anti-corrosifs doit être le plus homogène possible. Il doit être préparé en dehors du circuit hydraulique.
- le dosage du mélange doit être conforme aux préconisations du fournisseur en fonction de la température minimale de la région.
- le mélange doit être réalisé avant l'introduction dans le circuit et contrôlé par une mesure de protection au gel avec un réfractomètre ;

L'utilisation d'un liquide caloporteur « prêt à l'emploi » est fortement recommandée. Il est interdit de rejeter à l'égout un liquide glycolé.

Le glycol ayant une tension superficielle plus faible que celle de l'eau, une attention particulière doit être apportée à la réalisation des étanchéités des raccords. Les liquides antigels sont compatibles avec les matériaux d'étanchéité habituellement utilisés dans la profession.

## 8.10. • *Dispositif de remplissage, de vidange et de prélèvement*

Il y a lieu de prévoir un dispositif de remplissage et de vidange du circuit hydraulique sachant que le circuit de la boucle de captage ne doit en aucun cas être raccordé au réseau d'eau potable. Les vannes de remplissage et de vidange doivent être munies d'un dispositif d'obturation (bouchon).

Une vanne doit être positionnée au point le plus bas de l'installation afin de permettre la vidange complète du circuit. Suivant la configuration du circuit et l'emplacement des capteurs (par exemple, posés en terrasse en dessous du ballon de stockage), un piquage près des capteurs doit être prévu pour assurer une vidange complète de l'installation. La vanne de vidange permet d'effectuer le prélèvement d'un échantillon du liquide caloporteur, sous réserve qu'elle soit située au niveau d'une canalisation irriguée et d'un bras mort.

Si le dégazage est réalisé avec une pompe électrique, une vanne d'arrêt supplémentaire, située entre la vanne de remplissage et celle de vidange, doit être prévue pour assurer une circulation du liquide dans le réseau hydraulique.

### Commentaire

Dans le cas d'une installation autovidangeable fonctionnant sans liquide antigel, le dispositif de remplissage est constitué uniquement d'une vanne de remplissage munie d'un dispositif d'obturation (bouchon). La vanne de vidange (avec dispositif d'obturation) doit être raccordée à l'égout.

## 8.11. • *Instruments de mesure et de contrôle*

L'installation est équipée des instruments suivants permettant d'effectuer les mesures prévues à la mise en service et à l'entretien de l'installation :

- un manomètre. Il est placé à proximité du vase d'expansion, soit directement sur le raccordement du vase ou de la soupape de sécurité ;
- d'un dispositif de mesure de débit ;
- éventuellement d'un thermomètre placé à l'entrée et à la sortie de l'échangeur de chaleur solaire.

Tous les équipements de mesure sont installés dans un endroit accessible et sont facilement visibles.



# L'INSTALLATION DE CHAUFFAGE EXISTANTE : LES POINTS D'ATTENTION

# 9



L'installation d'un système solaire combiné, couplé à l'installation de chauffage existante, implique des points de vigilance.

## 9.1. • *Le circulateur du circuit de chauffage existant*

Le circulateur est choisi à partir des données de :

- débit à mettre en circulation ;
- hauteur manométrique nécessaire pour combattre les pertes de charge du circuit.

### Commentaire

Le dimensionnement du circulateur chauffage est primordial et doit être effectué avec le plus grand soin. En effet, lorsque le circulateur est surdimensionné, le débit réel est plus important que le débit nominal. L'écart de température entre l'entrée et la sortie du circuit radiateur est plus faible et la température de retour plus élevée. Cette augmentation de température conduit à une diminution du rendement de l'installation solaire.

Le circulateur du circuit plancher chauffant fonctionne généralement en permanence. Il s'agit d'un circulateur à vitesse fixe. La mise en marche ou l'arrêt du circulateur peut être automatisée en fonction de la température extérieure. Il convient d'installer une vanne d'équilibrage à mesure de débit en série (généralement placée sur le retour du circuit de chauffage).

Un circulateur à vitesse variable est recommandé si les radiateurs du circuit de chauffage sont dotés de robinets thermostatiques.



Dans le cas d'un raccordement de type mixte, les pertes de charge de l'installation de chauffage n'augmentent que très faiblement.

#### Commentaire

Dans le cas d'un raccordement de type mixte, un second circulateur pour le chauffage est nécessaire entre le ballon de stockage et la chaudière. Les pertes de charge à vaincre sont en générale faibles (inférieure à 0.5 bar).

Dans le cas d'un raccordement en série, les pertes de charges de l'installation de chauffage existante sont augmentées. Ce type de couplage nécessite une vérification du circulateur de chauffage existant et le cas échéant son changement.

#### Commentaire

Le dimensionnement précis du circulateur n'est pas aisé dans l'existant du fait du manque d'information sur le tracé de l'installation ne permettant pas un calcul précis des pertes de charges. Ainsi, surdimensionner légèrement le circulateur et ajouter une vanne d'équilibrage ainsi qu'un débitmètre représente la solution la plus efficace et la plus simple à mettre en œuvre.

## 9.2. • *Le vase d'expansion du circuit de chauffage existant*

Dans le cas d'un SSC, bien que les températures de fonctionnement de l'installation rénovée soient inférieures à celle de l'installation existante, le volume de l'installation, du fait de la présence du ballon de stockage solaire est fortement augmenté.

La capacité du vase d'expansion existant doit être vérifiée et le cas échéant le vase remplacé.

## 9.3. • *La chaudière existante*

Dans le cas d'une installation thermiquement améliorée (isolation des combles perdus et changement des fenêtres par exemple), la puissance des émetteurs existants est surdimensionnée par rapport aux besoins de chauffage de l'habitation. L'abaissement de la température de départ du circuit de chauffage et donc de retour est possible.

La courbe de chauffe doit être adaptée, au plus juste, au régime de température du circuit de chauffage. La température de départ doit être déterminée au niveau de l'émetteur le plus défavorisé.



**La chaudière existante doit être compatible avec l'abaissement de la température de départ et donc de retour du circuit de chauffage. Elle ne doit pas présenter de contrainte de température de retour. Attention aux modèles de chaudières en acier équipés d'un brûleur fuel. La température de l'eau au retour dans la chaudière ne doit pas être inférieure à 55°C. Des températures plus faibles peuvent conduire à des problèmes de corrosion du matériel. Dans ce cas, l'aquastat ne doit pas être placé à moins de 70°C.**

Si le régime de chauffage est fortement modifié, il est conseillé de remplacer la chaudière existante par une chaudière basse température ou à condensation simultanément à la mise en place du SSC.

Si le régime de chauffage est fortement modifié, il est conseillé de remplacer la chaudière existante, par une chaudière basse température ou à condensation notamment, simultanément à la mise en place du SSC.

Si la chaudière existante est remplacée, la puissance du nouveau générateur d'appoint est déterminée en regard des déperditions globales de l'habitation, sans tenir compte de la production solaire du SSC.

## 9.4. • *Le disconnecteur*

L'article 16 de la circulaire du 9 août 1978 modifiée par la circulaire du 26 avril 1982 repris dans le Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT) indique que l'installation de chauffage ne doit pas permettre la pollution du réseau d'eau potable par un quelconque retour d'eau des circuits de chauffage.

Un ensemble de protection doit être mis en place sur l'alimentation en eau de l'installation de chauffage afin d'éviter tout retour vers le réseau d'eau potable.

### Commentaire

Un ensemble de protection comprend le dispositif de protection (surverse, disconnecteur...) et les éléments associés (robinets d'isolement, filtre...). Si l'installation n'est pas raccordée au réseau d'eau potable, un ensemble de protection n'est pas nécessaire.

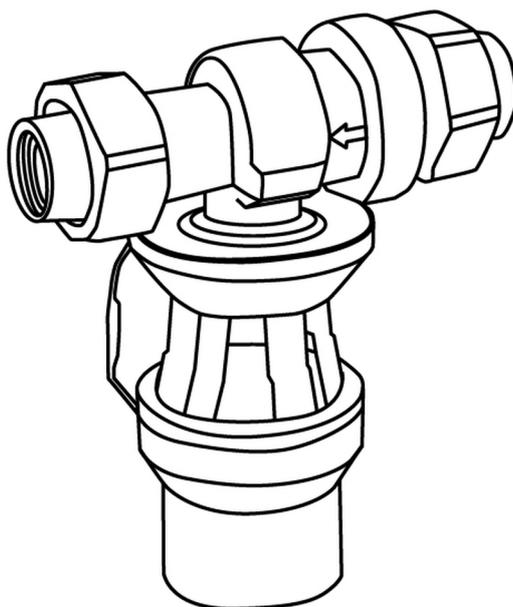
L'ensemble de protection à implanter est indiqué dans le Guide technique ASTEE-CSTB de conception et de mise en œuvre des réseaux d'eau destinée à la consommation humaine et dans la norme NF EN 1717.



Dans le cas d'un système solaire combiné, assurant la production d'ECS par un échangeur simple paroi, le liquide caloporteur et ses additifs doivent être autorisés au sens de l'article 16.9 du Règlement Sanitaire Départemental Type. Les avis favorables sur les produits émis par l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) sont disponibles sur le site internet [www.anses.fr](http://www.anses.fr) thème « alimentation humaine », rubrique « Avis et publications », sous rubrique « Avis et rapports alimentation humaine », dossier « eaux ».

Dans le cas de fluides autorisés, le dispositif à mettre en place sur l'alimentation en eau (conduite de remplissage) du réseau de chauffage est un ensemble de protection de type CA (un disconnecteur à zones de pressions différentes non contrôlables).

Ce dispositif de protection doit être conforme à la norme NF Antipollution.



▲ Figure 40 : Exemple d'ensemble de protection de type CA



**Un clapet anti-retour ou deux robinets d'isolement en série ne sont pas considérés comme un ensemble de protection adapté sur l'alimentation en eau d'un système solaire combiné.**

Selon la norme NF EN 1717, le disconnecteur doit être implanté dans un lieu aéré et non inondable. Il doit être aisément accessible et protégé contre le gel ou les températures extrêmes. Il convient de l'installer horizontalement.



Si un compteur d'eau est prévu pour pouvoir quantifier les apports d'eau, il est situé en amont du dispositif de protection. Un ou des robinets d'isolement sont prévus.

L'ensemble de protection doit être placé à moins de 3 m du piquage sur le réseau d'eau potable. A défaut, un clapet de non-retour de type EA doit être prévu en complément à une distance inférieure à 3 m.

# LE SYSTÈME DE RÉGULATION

# 10



## 10.1. • Généralités

Le rôle de la régulation est d'assurer le transfert optimal de la chaleur issue des capteurs solaires et les émetteurs de chauffage, avec ou sans ballon de stockage. Il est privilégié une gestion centralisée de l'installation de chauffage et d'ECS existante et de l'installation solaire. Les régulations solaires actuelles permettent la gestion globale du système. Elles gèrent :

- le circuit primaire solaire ;
- l'appoint en fonction de l'apport solaire disponible et de la température extérieure ;
- plusieurs usages : circuit d'eau chaude sanitaire et circuit(s) de chauffage direct(s) et/ou avec vanne mélangeuse notamment) ;
- une vanne à trois voies sur le(s) circuit(s) de retour chauffage.

Une gestion centralisée de l'ensemble des fonctions de l'installation permet d'optimiser au maximum la récupération de l'énergie solaire et de diminuer l'utilisation de l'énergie d'appoint. Le système de régulation fait généralement l'objet d'une notice technique du fabricant dont il convient de suivre les spécifications.

La régulation du SSC et de son appoint sont à compléter par une régulation terminale par pièce. Cette régulation d'ambiance permet d'éviter les surchauffes dues aux apports gratuits et d'ajuster les consignes de température dans les différentes pièces du logement. Les dispositifs de régulation terminale courants sont :

- des robinets thermostatiques ou des dispositifs équivalents pour les installations de radiateurs ;
- des régulations d'ambiance par vanne à deux voies en place sur les collecteurs des planchers chauffants.



On rappelle qu'une régulation de température ambiante par local est demandée pour les bâtiments neufs par les réglementations thermiques successives depuis 1988.

### Commentaire

Si la régulation de l'installation est compensée en fonction de la température ambiante, il est conseillé de maintenir à pleine ouverture les robinets thermostatiques des radiateurs qui se trouvent dans la pièce où est placée la sonde d'ambiance. Sur une installation neuve de plancher chauffant, la Réglementation thermique 2012 impose une régulation d'ambiance par tranche de 100 m<sup>2</sup> de surface chauffée.

## 10.2. • Gestion de la récupération de l'énergie solaire

Le circulateur est commandé en tout ou rien ou en progressif selon l'écart de température entre la sortie des capteurs ( $T_c$ ) et le bas du ballon ( $T_b$ ), noté DT.

La valeur de DT est comparée aux différentiels d'arrêt (DA) et de démarrage (DD) paramétrés :

- le circulateur démarre lorsque  $DT > DD$  ;
- le circulateur s'arrête lorsque  $DT < DA$ .

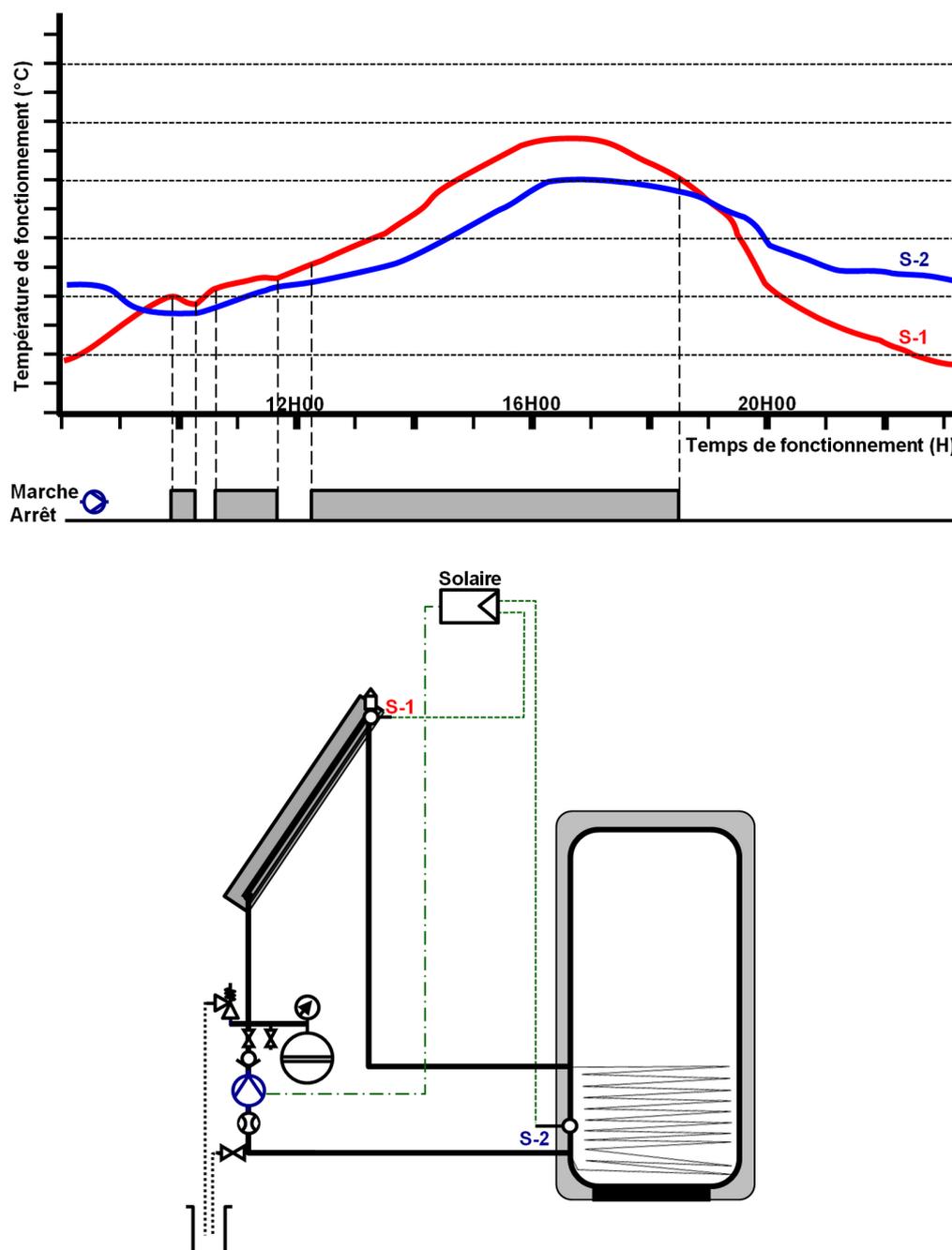
Les valeurs des différentiels sont réglables par l'installateur. Les valeurs généralement proposées par les fabricants sont de l'ordre de :

- 6 à 10 K pour le Différentiel de Démarrage ;
- 2 à 4 K pour le Différentiel d'Arrêt.

Sur certaines régulations il est possible de déterminer un temps minimum de fonctionnement de la pompe, afin d'éviter les phénomènes de pompage, notamment le matin, au démarrage.

### 10.2.1. • Circulateur tout ou rien

Le circulateur est démarré quand le différentiel de démarrage est atteint, il est arrêté quand le différentiel d'arrêt est atteint. On donne (Figure 41) un exemple de montée en température progressive des capteurs et du ballon de stockage pour une journée ensoleillée.



▲ Figure 41 : Exemple de montée en température progressive des capteurs et du ballon de stockage pour une journée ensoleillée

### 10.2.2. • Circulateur à vitesse variable

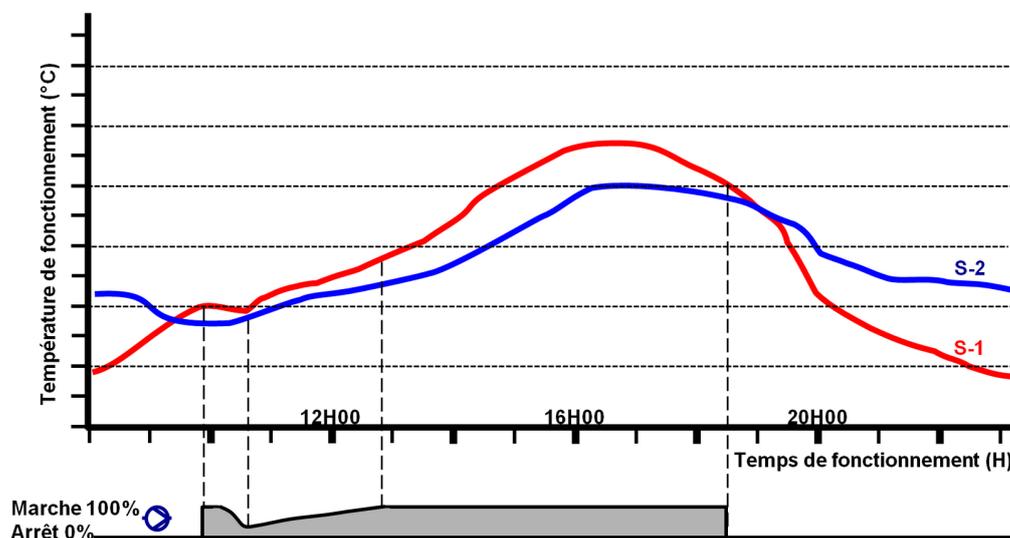
De nombreux régulateurs solaires sont équipés de la fonction variation de débit avec une alimentation séquentielle du circulateur. Ce procédé électronique permet un réglage de la vitesse de rotation pouvant aller de 100% à un minimum de 30%. Cette variation est contrôlée électroniquement en tenant compte du différentiel de température entre la sonde chaude des capteurs et la sonde froide en bas du ballon.

Le circulateur est démarré à 100% de sa vitesse quand le différentiel de démarrage est atteint. La régulation maintient une différence de température paramétrable (habituellement 10°C) en faisant varier



la vitesse du circulateur entre 30% et 100%. Le différentiel d'arrêt est toujours actif suivant le réglage initial.

On donne (Figure 42) un exemple de montée en température progressive des capteurs et du ballon de stockage pour une journée ensoleillée.



▲ Figure 42 : Exemple de montée en température progressive des capteurs et du ballon de stockage pour une journée ensoleillée

### 10.2.3. • Cas particulier : fonction différentielle double

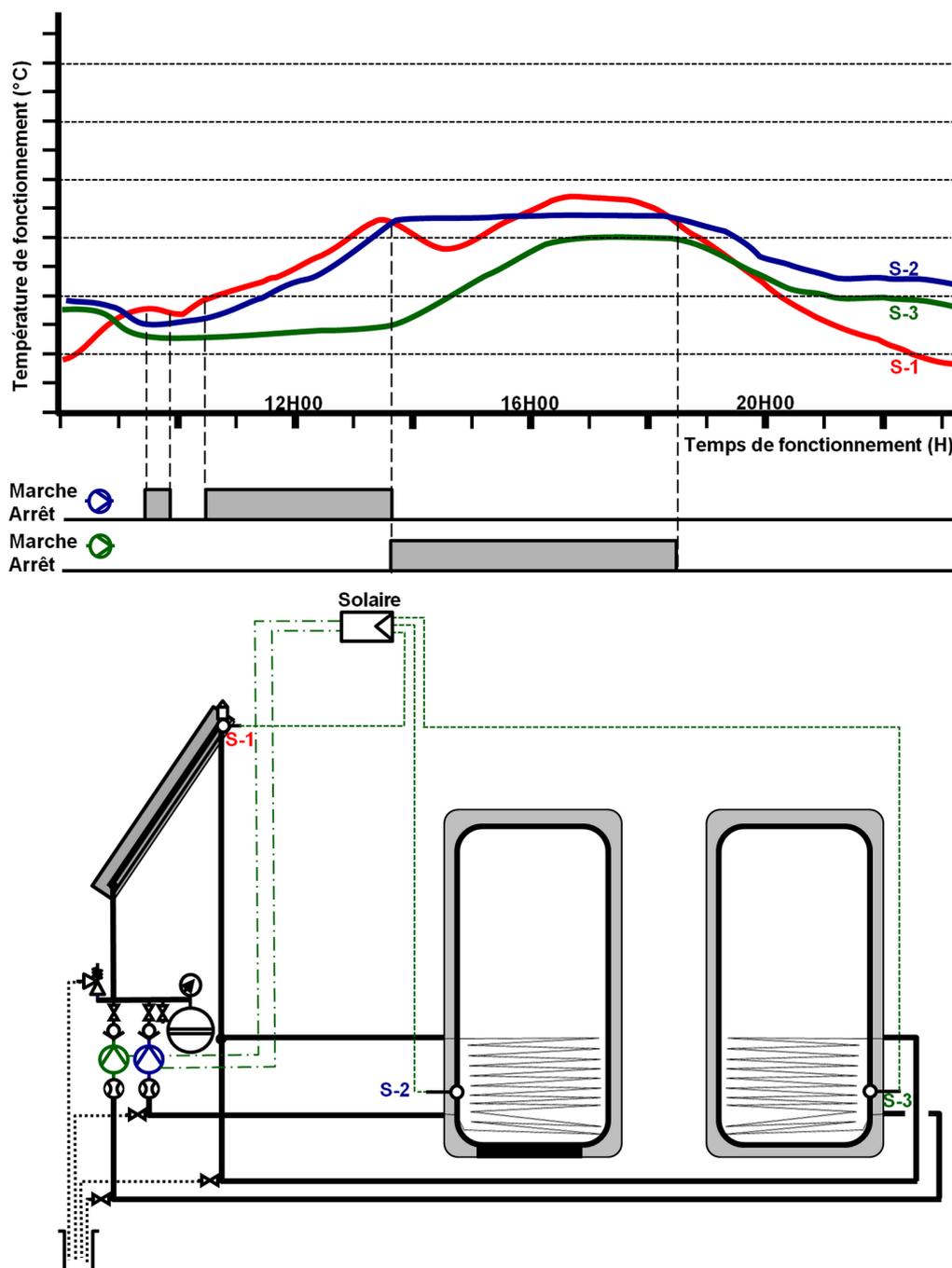
Pour le chargement solaire d'un ensemble de deux ballons, le régulateur solaire comporte deux différentiels. Le fonctionnement est assuré par trois sondes :

- une sonde en sortie de capteurs ;
- deux sondes placées dans le bas des deux réservoirs.

Le chargement des ballons peut être alterné ou simultané.

Pour un fonctionnement alterné, la montée en température du deuxième ballon se fait lorsque le premier ballon atteint sa température de consigne (65°C par exemple). La programmation alternée est utilisée lorsque les ballons sont raccordés hydrauliquement en série. La surface installée de capteurs étant prévue pour le volume total des deux ballons, la montée en température d'un réservoir est rapidement réalisée.

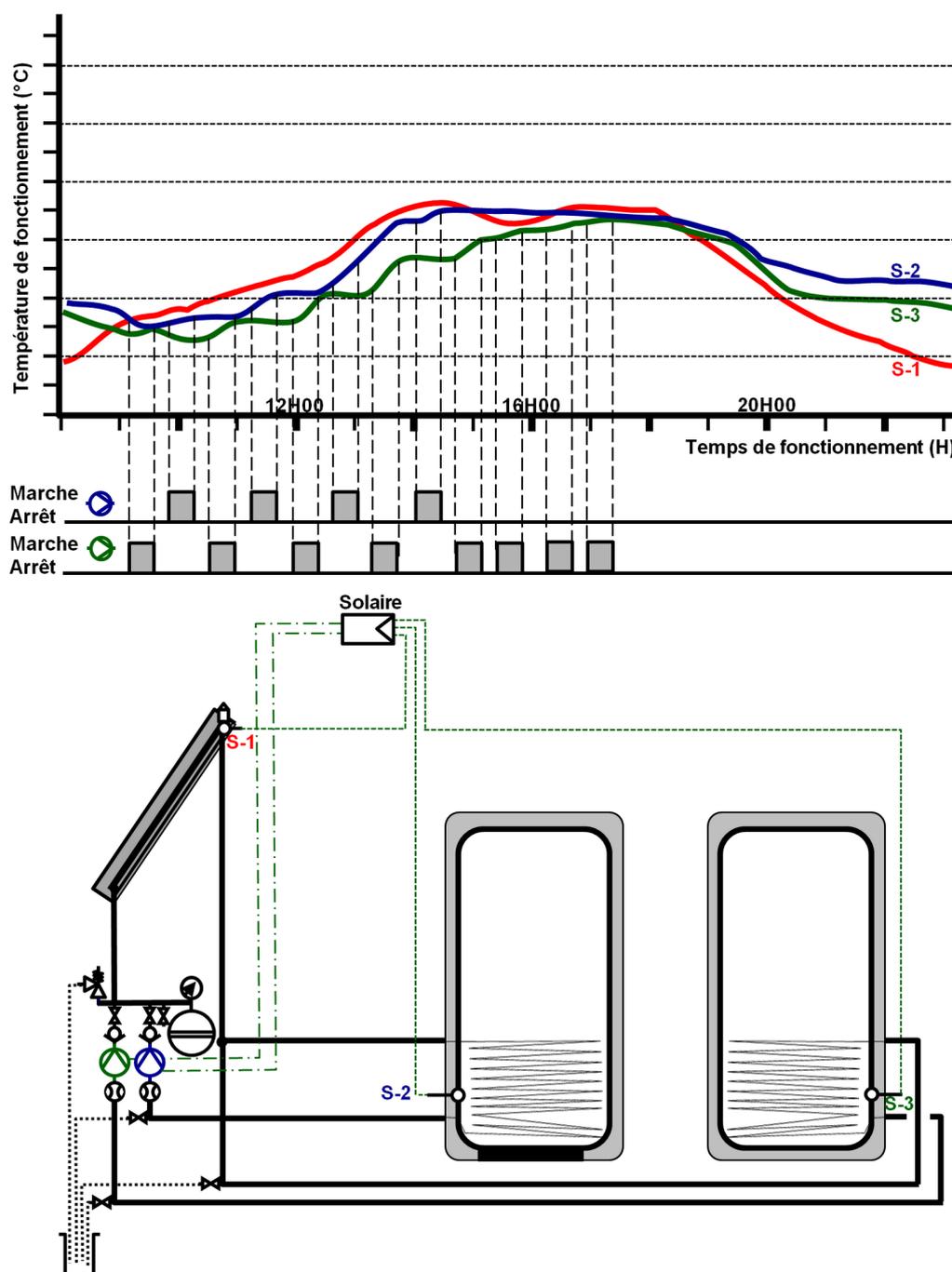
On donne (Figure 43) un exemple de montée en température progressive des capteurs et des ballons de stockage pour une journée ensoleillée.



▲ Figure 43 : Exemple de montée en température progressive des capteurs et des ballons de stockage pour une journée ensoleillée

Pour un chargement simultané le régulateur contrôle la température de chacun des ballons et la compare à celle en sortie de capteurs. La pompe correspondante au circuit ayant atteint le  $\Delta T$  nécessaire se met en route. La charge est interrompue régulièrement (réglage du temps de charge programmée) afin d'analyser les différentes températures, capteurs et ballons, et de relancer le circuit ayant atteint le différentiel de démarrage.

On donne (Figure 44), un exemple de montée en température progressive des capteurs et des ballons de stockage pour une journée ensoleillée.



▲ Figure 44 : Exemple de montée en température progressive des capteurs et des ballons de stockage pour une journée ensoleillée

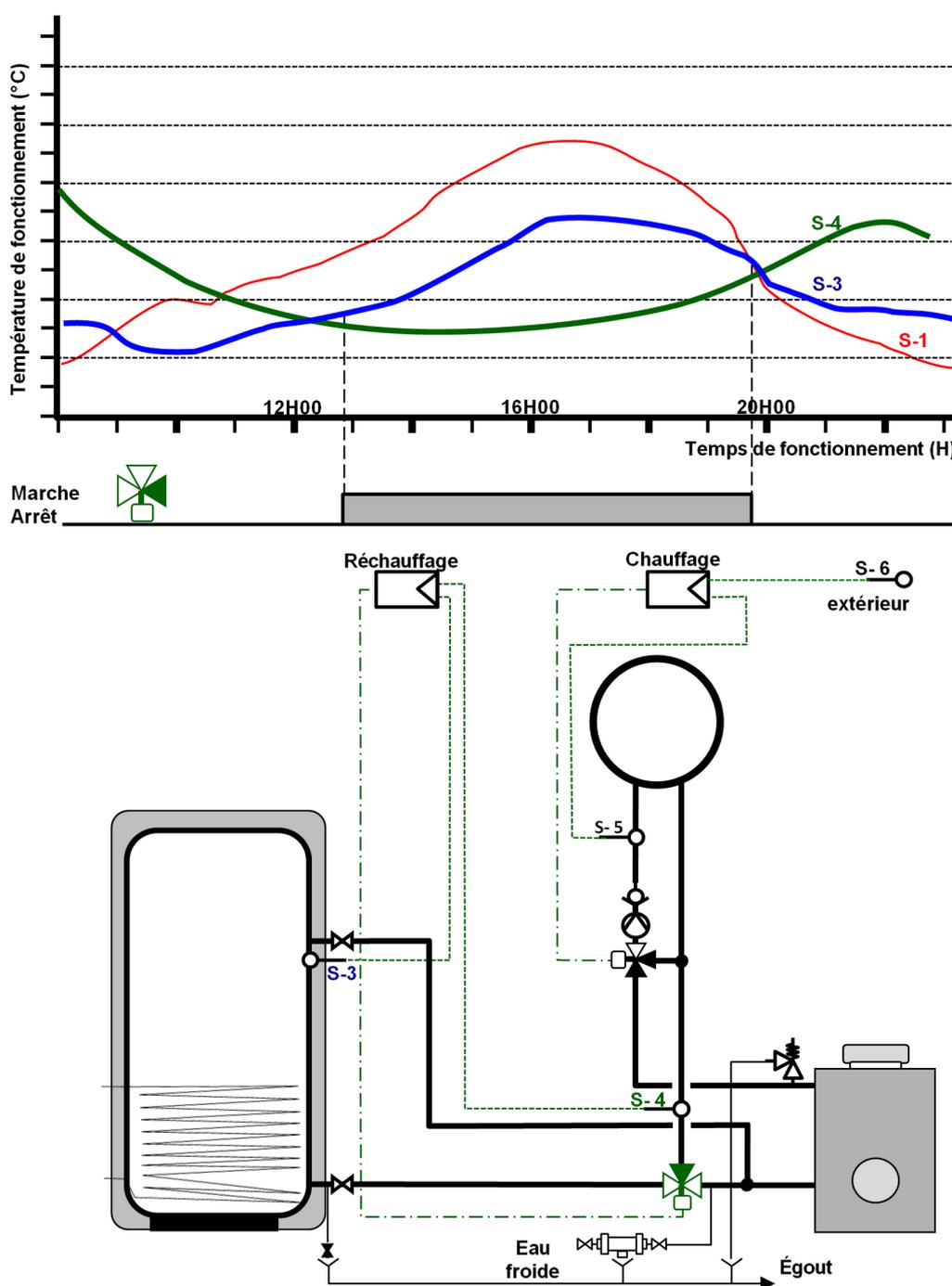
### 10.3. • Gestion de la décharge du ballon de stockage

#### Cas d'un recordement en série (ou réchauffage du retour)

Pour assurer le fonctionnement et le contrôle d'une installation raccordée hydrauliquement en série, une fonction différentielle du régulateur solaire est utilisée.

Comme l'illustre la (Figure 45), une première sonde de température est immergée dans le ballon de stockage, en dessous du piquage prévu pour le départ chauffage. Une deuxième sonde mesure la température de retour du circuit de chauffage. La vanne à trois voies directionnelle est commandée selon la différence de température entre le retour chauffage et le ballon de stockage. Elle permet :

- de diriger l'eau de retour du circuit de chauffage vers le ballon solaire si la différence de température entre la température du ballon solaire et le retour du circuit de chauffage est supérieure à un différentiel  $\Delta T$  ;
- de directement réchauffer l'eau de chauffage par la chaudière, dans le cas contraire.



▲ Figure 45 : Exemple d'une gestion de décharge du stockage pour un raccordement en série



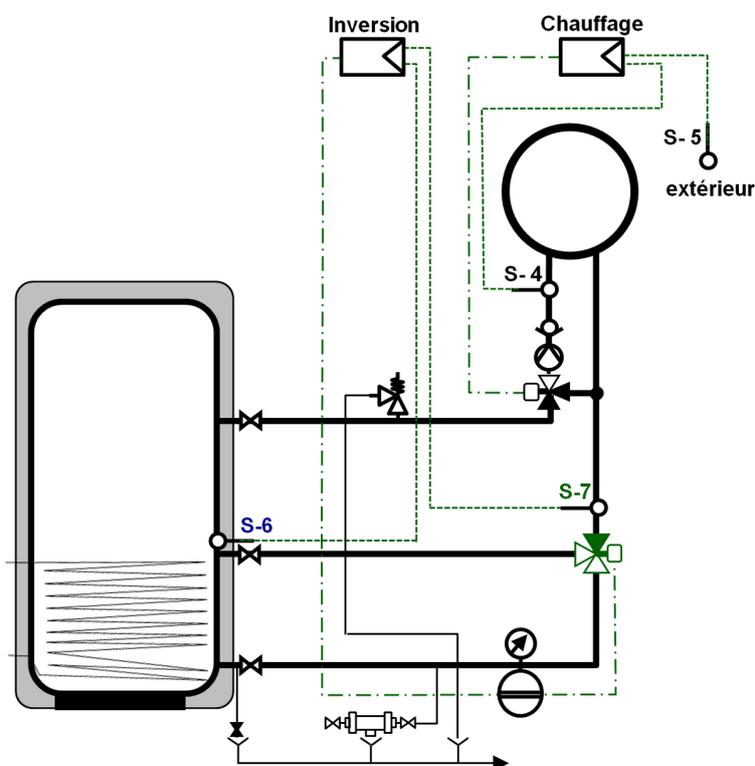
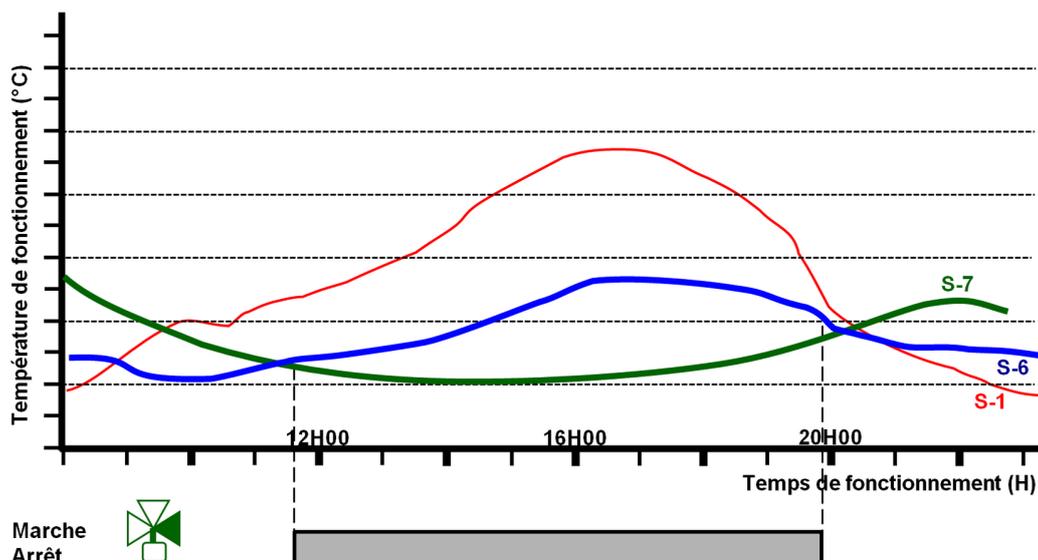
## Cas d'un raccordement mixte (ou maintien en température en haut du stockage)

Pour assurer le fonctionnement et le contrôle d'une installation avec un raccordement de type mixte, une vanne trois voies directionnelle est envisagée sur les retours du circuit de chauffage.

Comme l'illustre la (Figure 46), une première sonde de température est immergée en partie médiane du ballon de stockage. Une deuxième sonde mesure la température de retour du circuit de chauffage. La vanne trois voies directionnelle est commandée en regard de la différence de température entre le retour chauffage et la zone médiane du ballon de stockage.

Elle permet :

- de diriger l'eau de retour du circuit de chauffage vers la partie inférieure du ballon de stockage si la température de retour du circuit de chauffage est inférieure à la température en partie médiane du ballon ;
- de diriger l'eau de retour du circuit de chauffage vers la partie médiane du ballon dans le cas contraire.



▲ Figure 46 : Exemple d'une gestion de décharge du stockage pour un raccordement en mixte

## 10.4. • Les fonctions les plus fréquentes

### 10.4.1. • Température maximale du capteur solaire

Après un faible soutirage, la régulation démarre le circulateur. En présence d'un fort rayonnement solaire la consigne de chargement du ballon est atteinte rapidement, ce qui arrête le circulateur. La température dans les capteurs va alors s'élever. Quand celle-ci atteint la consigne de protection des capteurs, le circulateur est redémarré permettant ainsi un refroidissement des capteurs mais engendrant une



augmentation de température de l'eau dans le ballon. Si la consigne de protection du ballon (valeur non réglable comprise entre 85 et 90°C) est atteinte, la pompe est de nouveau arrêtée.

### 10.4.2. • Fonction capteurs à tubes

Dans le cas de capteurs à tubes sous vide, la sonde de température en sortie des capteurs ne peut être positionnée à l'intérieur du tube collecteur. La température mesurée l'est de manière imprécise. Dans ce cas, il est nécessaire de relancer brièvement le débit dans la boucle primaire, à intervalles réguliers, pour irriguer la sonde de température. Si la fonction capteurs à tubes est activée le régulateur démarre la pompe automatiquement toutes les 30 minutes pendant 30 secondes.

### 10.4.3. • Fonction antigel

Si la fonction antigel est activée, le régulateur enclenche la pompe dès que la température en sortie du capteur solaire descend en dessous de +5°C. Le fluide caloporteur est alors pompé dans le capteur pour éviter le gel. La pompe est à nouveau arrêtée lorsque la température du capteur dépasse à nouveau +7°C. Cette fonction n'est utilisée que dans les régions où les risques de gel sont très faibles. Ailleurs, la validation de cette fonction n'exonère en aucune façon le fait de protéger l'installation en utilisant du fluide antigel.

#### *Comment faire*

L'activation de cette fonction dans le régulateur ne dispense en aucun cas de remplir la boucle solaire sans liquide antigel ou avec un liquide antigel pas suffisamment dosé pour les conditions climatiques du site.

### 10.4.4. • Fonction refroidissement nocturne (vacances)

Cette fonction permet de refroidir le ballon si aucune eau chaude n'est prélevée pendant une longue période d'inutilisation (vacances) à fort ensoleillement. Dans ces conditions, sans la validation de cette fonction, les capteurs atteignent leur température de stagnation. Sur des périodes prolongées, cela dégrade rapidement le fluide antigel.

En activant la fonction vacances, le ballon de stockage est refroidit comme suit :

Quand la température du ballon atteint 10 K sous la température maximale fixée du ballon, le régulateur tente (par exemple la nuit) de délester la partie inférieure du ballon de stockage pour atteindre une température de 35°C. Pour ce faire, la pompe est démarrée dès que le capteur atteint une température inférieure de 8 K à celle du ballon. Dès que la différence de température entre le capteur solaire et le ballon de stockage n'atteint plus que 4 K, la pompe s'arrête à nouveau.



## 10.5. • *Les sondes de température*

Les sondes de température sont propres à chaque régulateur, elles ne sont donc pas interchangeables entre deux régulateurs de marque ou de type différents.

Les sondes de température doivent être positionnées à l'emplacement spécifié par le constructeur des capteurs. Si aucun n'emplacement n'est prévu, elles doivent être placées au plus près des éléments du système à mesurer (ballon, échangeur, capteur), si possible dans des doigts de gant.

Une sonde cylindrique, en applique sur un tuyau lui-même cylindrique ne peut pas donner de mesure fiable.

La qualité de la pose des sondes de température a pour but d'éviter les défauts de régulation (retard à la mise en circulation du fluide, déstockage de l'énergie en fin de journée...).

Dans le cas d'utilisation de sonde PT100, au-delà de 10 m, les longueurs des câbles de raccordement des deux sondes doivent être égales ou la résistance linéique du câble le plus long doit être compensée par le paramétrage des Différentiel de Démarrage et Différentiel d'Arrêt.

S'il est nécessaire de rallonger des câbles, il faut choisir des sections de câbles qui induisent une moindre résistance, par exemple :

- 0,75 mm<sup>2</sup> pour une longueur max. de 50 m ;
- 1,5 mm<sup>2</sup> pour une longueur max. de 100 m.

La prolongation des fils de sonde est préférable par soudure et manchon thermo rétractable.

Le câble de sonde doit être protégé mécaniquement contre les rongeurs en intérieur et extérieur.

Les câbles de sonde doivent cheminer séparément des câbles de réseau sous tension de 230 V ou 400 V (distance minimale : 100 mm).

Si des effets d'induction sont à prévoir, provenant par exemple de câbles à haute tension, de caténaires, de transformateurs, de postes de radio et de télévision, de stations de radioamateurs, de fours à micro-ondes ou autres, les câbles de sondes doivent être blindés.

En règle générale, la polarité des contacts de sondes n'est pas importante.

La pâte thermique utilisée pour la mise en œuvre des sondes doit bénéficier d'une fiche de données de sécurité mentionnant la composition. Cette fiche doit être disponible pour toutes les opérations d'entretien et de maintenance afin de prévenir les risques liés à la manipulation.

Les sondes à plongeur ou en applique doivent être posées avant le calorifugeage et protégées des infiltrations d'eau. Elles doivent être accessibles pour assurer les opérations d'entretien et de maintenance.



Lors de ces interventions, en cas de modification de la position de la sonde, il convient de reconstituer l'intégrité du calorifuge.

Afin d'optimiser le fonctionnement de l'installation de chauffage, il faut préférer une régulation de la température d'eau de chauffage en fonction de la température extérieure.

La sonde de température extérieure de régulation doit être placée dans un endroit exempt de toute perturbation, à l'abri du soleil, éloignée des sources chaudes ou froides du bâtiment (bouches d'aération, fenêtres...). L'installation de la sonde sur une paroi nord est conseillée.

# LES RACCORDEMENTS ÉLECTRIQUES

# 11



La mise en œuvre de l'installation doit être réalisée conformément aux prescriptions de la norme NF C15-100 qui s'applique aussi bien aux installations en très basse tension qu'en basse tension.

Une protection différentielle de 30 mA est obligatoire.

La norme mentionne par exemple que « toutes les masses doivent être reliées à un conducteur de protection selon les conditions particulières des divers schémas des liaisons à la terre (TT, TN, IT).

Les canalisations solaires doivent être raccordées à la terre.



# 12

## LES ÉMETTEURS



Les émetteurs à privilégier dans le cas d'une installation de chauffage solaire sont ceux fonctionnant à basses températures : les planchers chauffants, les murs chauffants ou les radiateurs dits basses températures.

### Commentaire

Le rendement des capteurs solaires est fonction de la température du liquide caloporteur à son entrée. Plus cette température est faible, plus la récupération solaire est optimale. Cette température d'entrée est fonction de la température de retour du circuit de chauffage : plus le régime de température de l'installation de chauffage et donc la température de retour est faible, plus l'installation solaire est performante.

### 12.1. • *Le plancher chauffant*

Dans le cas d'une installation existante avec plancher chauffant, la mise en œuvre d'une solution de chauffage solaire n'entraîne pas de modification particulière au niveau de l'émetteur.

Les températures de distribution sont compatibles avec un rendement correct des capteurs solaires.

Pour l'alimentation d'un circuit de plancher chauffant, un bipasse est recommandé pour abaisser la température au départ du plancher et permettre un fonctionnement de la vanne sur toute sa plage d'ouverture.

Un aquastat limiteur de sécurité à réarmement manuel est obligatoire au départ du circuit pour arrêter le circulateur et fermer la vanne de régulation en cas de dépassement de température (la température ne doit pas excéder 55°C autour des éléments chauffants).

Pour les systèmes solaires combinés à charge directe avec ballon de stockage, les préconisations du constructeur doivent être strictement respectées.

### Commentaire

Il est préconisé, pour des systèmes à charge directe avec ballon de stockage et appoint intégré, une surface de plancher chauffant maximum de 300 m<sup>2</sup>. Si l'appoint est indépendant, la surface de plancher maximum à respecter est de 230 m<sup>2</sup>.

## 12.2. • Les radiateurs

La puissance des émetteurs existants est généralement surdimensionnée par rapport aux besoins en chauffage du bâtiment. L'abaissement de la température de départ chauffage et donc du régime est possible. Elle est directement fonction de la surpuissance de ces émetteurs.

### Commentaire

Il est courant que l'installation de chauffage n'ait pas ou peu été modifiée alors que l'isolation du bâti ou des fenêtres ait déjà été améliorée. En outre, on rappelle qu'un SSC doit être préconisé une fois que les mesures permettant une diminution des besoins de chauffage ont été prises.

Afin d'évaluer la faisabilité d'un projet SSC, il est important de connaître les déperditions du bâtiment pièce par pièce pour :

- évaluer le surdimensionnement des émetteurs : si la puissance des émetteurs existants est connue, elle est comparée à celle obtenue par le calcul de déperditions mené pièce par pièce. Si non, les caractéristiques des émetteurs en place sont à relever (matériau fonte ou acier, type, nombre d'éléments...). La puissance installée est évaluée à partir du catalogue du fabricant ou de la base de données ATTITA. Elle est comparée à celle obtenue par le calcul de déperditions mené pièce par pièce.
- déterminer la température de départ de chauffage réellement nécessaire au niveau de l'émetteur le plus défavorisé afin de couvrir les besoins pour la température extérieure de base.



**L'entreprise doit pouvoir justifier d'un récapitulatif des notes de calculs des déperditions par pièce.**

Si le régime de température souhaité est plus faible que le régime calculé, il faut :

- prioritairement rénover thermiquement le bâti (ou les zones les plus défavorables du bâtiment) afin de diminuer les besoins de chauffage. La surpuissance des radiateurs augmentant,



le régime de température diminue pour atteindre la valeur souhaitée ;

- ou changer les radiateurs situés dans les zones les plus défavorables du bâtiment.

### 12.3. • Les relevés nécessaires pour le calcul de la puissance des radiateurs existants

Si la puissance des émetteurs est connue, elle est reportée directement à la première ligne du tableau de la (Figure 47).

Si ce n'est pas le cas, les caractéristiques des émetteurs en place sont à renseigner (matériau fonte ou acier, type, nombre d'éléments...) et peuvent permettre de déterminer la puissance à partir du catalogue du fabricant ou de la base de données ATTITA. Cette puissance évaluée est alors notée dans le tableau.

Les puissances sont ensuite comparées à celles obtenues par le calcul de déperditions.

On donne (Figure 47), un exemple de fiche récapitulative des relevés des émetteurs existants.

Relevés des émetteurs existants							
<b>REZ-DE-CHAUSSÉE</b>							
Pièce	Entrée	Cuisine	Séjour	Chambre 1	Chambre 2	SdB	Autre
Puissance émetteur si connue en W (*)							
$\Delta T$ installation en K							
Nature radiateur (fonte, acier, ...)							
Type ou épaisseur							
Hauteur en mm							
Largueur en mm							
Nombre							
Robinet thermostatique (O/N)							
Té de réglage (O/N)							
<b>ÉTAGE</b>							
Pièce	Chambre 1		Chambre 2		Chambre 3		SdB
Puissance émetteur si connue en W							
$\Delta T$ installation en K							
Nature radiateur (fonte, acier, ...)							
Type ou épaisseur							
Hauteur en mm							
Largueur en mm							

Relevés des émetteurs existants				
Nombre				
Robinet thermostatique (O/N)				
Té de réglage (O/N)				

(\*) Voir base ATITA ou catalogue fabricant

▲ Figure 47 : Exemple de tableau récapitulatif de relevés des émetteurs existants



# LES SCHÉMAS HYDRAULIQUES TYPES ET LES PRINCIPES DE RÉGULATION ASSOCIÉS

# 13



## 13.1. • Règles générales

Afin d'optimiser le fonctionnement de l'installation de chauffage, certaines règles sont à respecter. Il faut :

- favoriser des températures du circuit de chauffage les plus basses possibles. Pour cela, préférer des émetteurs à basse température de type plancher chauffant ou mur chauffant ;
- alimenter en solaire uniquement les circuits de chauffage fonctionnant à basse température ;
- donner priorité au circuit le plus froid si l'installation solaire alimente deux usages (eau chaude sanitaire et chauffage) ;
- préférer une régulation de la température d'eau de chauffage en fonction de la température extérieure ;
- adapter la hauteur des différents piquages du ballon de stockage aux régimes de température des circuits de production et d'usage ;
- adapter la courbe de chauffe, au plus juste, au régime de température du circuit de chauffage.

**Ces règles sont respectées dans les schémas-types décrits dans la suite de ce chapitre.**

### Commentaire

Les différentes possibilités de production d'eau chaude sanitaire ne sont pas intégrées aux schémas-types. Elles ne modifient pas le principe de raccordement hydraulique de la partie chauffage.

Le fonctionnement hydraulique et de régulation de la partie primaire solaire est identique quelque soit le schéma-type proposé. La

régulation solaire calcule l'écart de température entre la sortie des capteurs et le bas du ballon de stockage. La valeur calculée est alors comparée aux différentiels d'arrêt et de démarrage. Le régulateur commande l'arrêt ou la mise en route du circulateur solaire.

### Commentaire

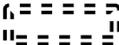
Dans le cas d'une production d'eau chaude sanitaire par ballon de stockage séparé, la logique de régulation solaire doit donner priorité au ballon de stockage le plus en demande c'est à dire le plus froid.



**Il est rappelé qu'avant usage des schémas-types, il revient au lecteur de vérifier s'ils sont applicables vis-à-vis des spécifications techniques du SSC, des chaudières, du réseau d'émetteurs et des schémas proposés par le fabricant.**

Les schémas sont présentés avec les principaux accessoires recommandés et obligatoires.

## 13.2. • Les symboles utilisés

	Fonction de régulation		Régulateur regroupant plusieurs fonctions
	Entrée d'une fonction (Sonde)		Sortie d'une fonction (Vanne, circulateur)
	Liaison électrique d'une entrée		Liaison électrique d'une sortie
	Sonde de température		Circulateur
	Manomètre		Clapet anti retour
	Soupape de sécurité		Vanne de régulation à trois voies, motorisée
	Indicateur de débit		Vanne directionnelle tout ou rien, motorisée
	Vase d'expansion		Vanne thermostatique à trois voies
	Disconnecteur de remplissage		Système de purge d'air
LEGENDE DES SYMBOLES UTILISES DANS LES SCHEMAS			

▲ Figure 48 : Liste des symboles utilisés dans les schémas-types

## 13.3. • Système solaire à charge directe

Pour les systèmes solaires combiné à charge directe (avec ou sans ballon de stockage), l'installateur doit se conformer strictement aux prescriptions du constructeur.



## 13.4. • *Système solaire à charge indirecte et raccordement en série ou réchauffage retour*

### 13.4.1. • Cas général : alimentation d'un circuit de chauffage unique basse température

Ce schéma comprend la chaudière existante qui alimente un circuit de chauffage basse température de type plancher chauffant et une production d'eau chaude sanitaire.

Ce schéma convient pour des chaudières sans contrainte de température de retour.

#### Commentaire

Attention aux modèles de chaudières en acier équipé d'un brûleur fuel. La température de l'eau au retour dans la chaudière ne doit pas être inférieure à 55°C. Pour ce faire, l'aquastat ne doit pas être placé à moins de 70°C.

#### *Partie circuit chauffage : principe de fonctionnement hydraulique et de régulation*

La production est maintenue à température constante. La présence d'une production d'eau chaude sanitaire ne permet pas de réguler la production en fonction de l'extérieur.

La température de l'eau de départ est modulée au moyen d'une vanne à trois voies. La régulation est choisie en fonction de l'extérieur. En complément, une sonde de température ambiante peut être raccordée au régulateur de la vanne trois voies de régulation et compenser la température de départ du plancher (non représenté sur le schéma).

#### Commentaire

Si la chaudière peut fonctionner à une température modulée et si elle ne fournit pas d'autre service que le chauffage, le régulateur peut agir directement sur le brûleur de la chaudière. Néanmoins, du fait des spécificités du solaire et notamment de l'impossibilité de contrôler les niveaux de température dans le ballon de stockage, la vanne à trois voies reste indispensable.

L'eau de départ vers la chaudière est prélevée en partie médiane du ballon de stockage. La hauteur du piquage permet de fournir une température de départ suffisante pour compenser les déperditions à la température extérieure de base. Les spécifications du constructeur doivent être respectées.

#### Commentaire

Si la production d'eau chaude sanitaire est assurée indépendamment (par un ballon de stockage séparé notamment), l'eau de départ du circuit de chauffage se situe sur le piquage en partie haute du ballon de stockage.



Le circuit de chauffage (ici un plancher chauffant) fonctionne à très basse température. Le retour est directement raccordé en bas de ballon de stockage.

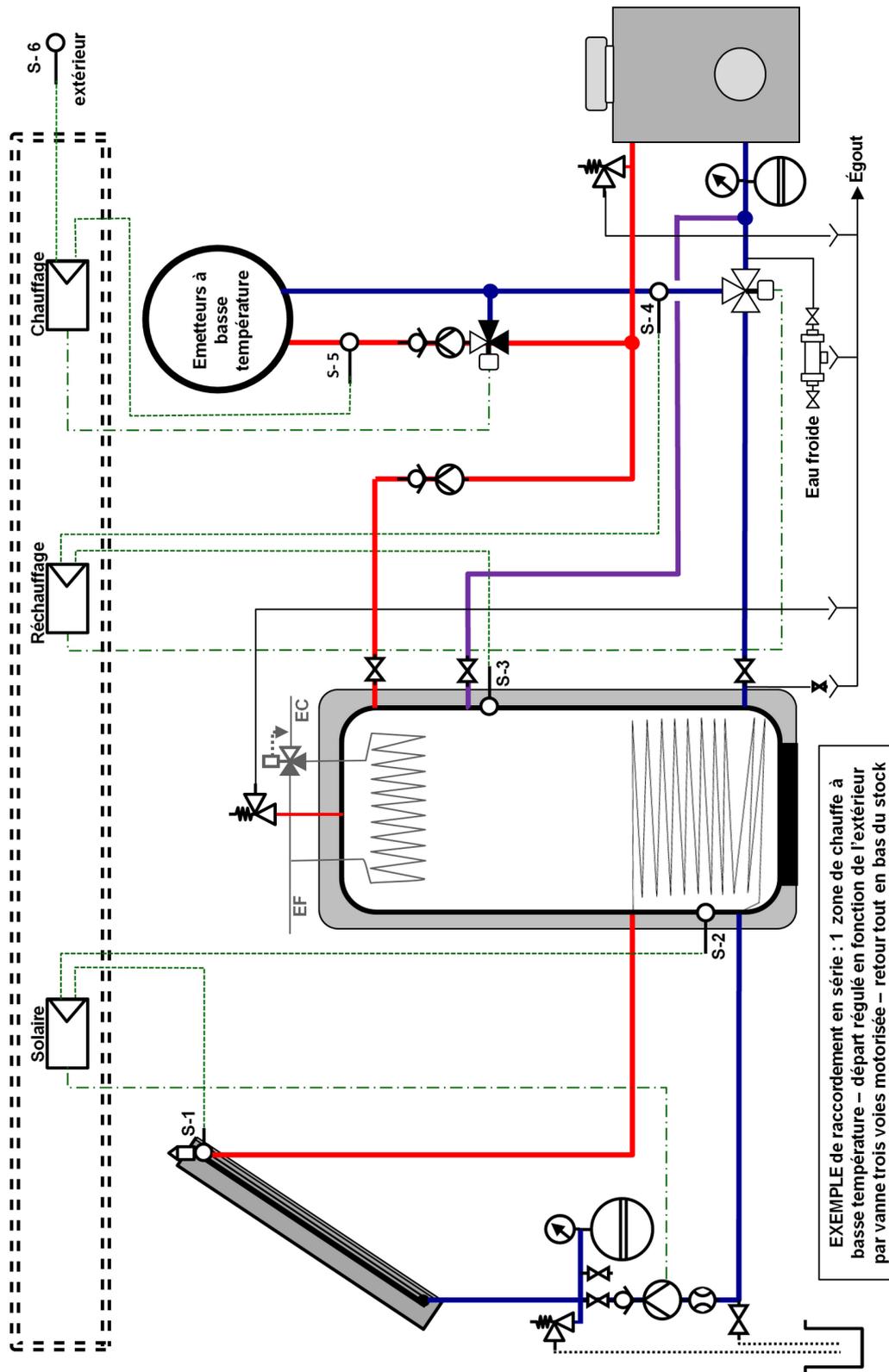
Si le circuit de chauffage (des radiateurs par exemple) implique, à certaines périodes de la saison de chauffe, des régimes de température relativement élevés, une vanne à trois voies doit être placée sur le circuit de retour chauffage. Elle permet :

- soit de diriger l'eau vers le ballon de stockage, si la différence de température entre la zone médiane du ballon et le retour du circuit de chauffage est supérieur à un différentiel  $\Delta T$  ;
- soit de diriger l'eau vers la chaudière dans le cas contraire.

### *Partie circuit eau chaude sanitaire : principe de fonctionnement hydraulique et de régulation*

Un circulateur de charge, sur le départ chauffage, permet de donner priorité à l'ECS. Il réchauffe la partie supérieure du ballon de stockage lorsque sa température devient inférieure à une certaine valeur (60°C par exemple). Celle-ci s'arrête lorsque cette température devient supérieure à une certaine valeur (65°C par exemple).

La vanne à trois voies du circuit de chauffage se ferme le temps du puisage d'eau chaude sanitaire afin d'éviter des températures de départs du circuit de chauffage trop élevées.



▲ Figure 49 : Raccordement en série (ou réchauffage des retours) – alimentation d'un circuit de chauffage unique basse température – ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires

### 13.4.2. • Option 1 : alimentation d'un réseau d'émetteurs fonctionnant à basse température

Ce schéma comprend la chaudière existante qui alimente deux circuits de chauffage basse température (de type plancher chauffant et radiateurs basse température) et une production d'eau chaude sanitaire.

Ce schéma convient pour des chaudières sans contrainte de température de retour.

#### *Partie circuit chauffage : principe de fonctionnement hydraulique et de régulation*

La production est maintenue à température constante. Elle est adaptée au circuit à température la plus élevée (circuit radiateur basse température sur le schéma).

Les deux circuits de chauffage sont régulés en fonction de l'extérieur. Les vannes à trois voies font varier la température d'eau au départ des circuits.

#### Commentaire

Si la chaudière peut fonctionner à une température modulée et si elle ne fournit pas d'autre service que le chauffage, le régulateur peut agir directement sur le brûleur de la chaudière. La régulation de température de production en fonction de l'extérieur évite la mise en place d'une vanne à trois voies de régulation sur le circuit alimenté aux températures les plus élevées (circuit radiateur basse température sur le schéma). Néanmoins, du fait des spécificités du solaire et notamment de l'impossibilité de contrôler les niveaux de température dans le ballon de stockage, la vanne à trois voies reste indispensable.

L'eau de départ vers la chaudière est prélevée en partie médiane du ballon de stockage. La hauteur du piquage permet de fournir une température de départ suffisante pour compenser les déperditions à la température extérieure de base. Les spécifications du constructeur doivent être respectées.

#### Commentaire

Si la production d'eau chaude sanitaire est assurée indépendamment (par un ballon de stockage séparé notamment), l'eau de départ du circuit de chauffage se situe sur le piquage en partie haute du ballon de stockage.

Comme les deux circuits de chauffage fonctionnent à des régimes de températures proches, les retours peuvent être regroupés. Une vanne à trois voies sur le circuit de retour chauffage permet :

- soit de diriger l'eau vers la médiane du ballon de stockage, si la différence de température entre la zone médiane du ballon et le retour du circuit de chauffage est supérieur à un différentiel  $\Delta T$  ;
- soit de diriger l'eau vers la chaudière dans le cas contraire.

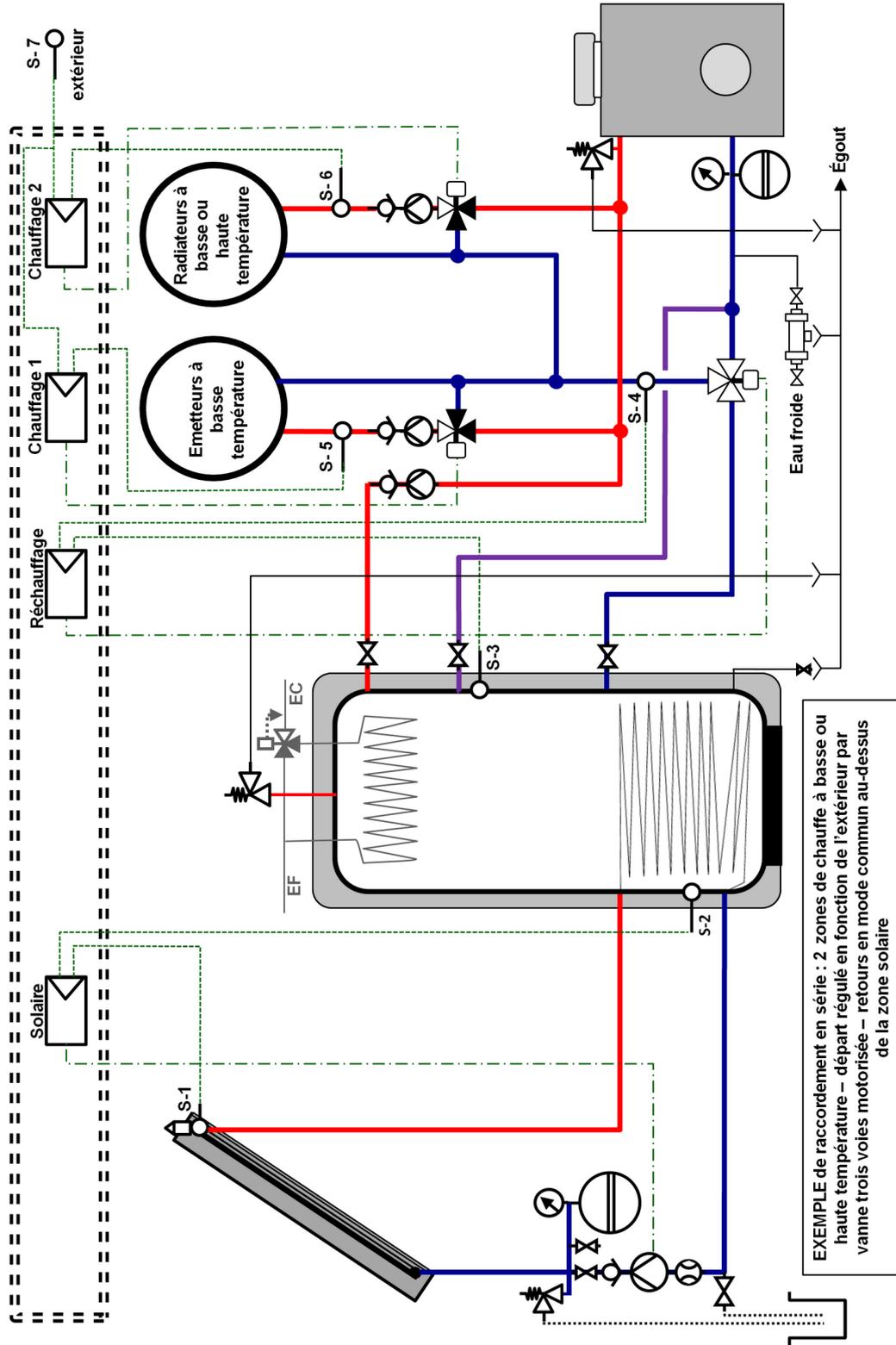


Si l'installation comporte des circuits de chauffage fonctionnant à des niveaux de températures trop différents, les retours de chacun des circuits sont commandés séparément par des vannes directionnelles à trois voies et sont raccordés à des niveaux différents sur le ballon de stockage. Le retour du circuit de chauffage à plus basse température est raccordé sur le bas du stockage et celui à plus haute température sur le tiers inférieur, au dessus du serpentín solaire, afin de ne pas réchauffer la zone solaire.

### *Partie circuit eau chaude sanitaire : principe de fonctionnement hydraulique et de régulation*

Un circulateur de charge, sur le départ chauffage, permet de donner priorité à l'ECS. Il réchauffe la partie supérieure du ballon de stockage lorsque sa température devient inférieure à une certaine valeur (60°C par exemple). Celle-ci s'arrête lorsque cette température devient supérieure à une certaine valeur (65°C par exemple).

La vanne à trois voies du circuit de chauffage se ferme le temps du puisage d'eau chaude sanitaire afin d'éviter des températures de départs du circuit de chauffage trop élevées.



▲ Figure 50 : Raccordement en série (ou réchauffage des retours) – alimentation d'un réseau d'émetteurs basse température – ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires



### 13.4.3. • Option 2 : alimentation d'un réseau d'émetteurs fonctionnant à des niveaux de température différents

Ce schéma comprend la chaudière existante qui alimente deux circuits de chauffage fonctionnant à des niveaux de température différents (un circuit de type plancher chauffant et un autre de type radiateurs haute température) et une production d'eau chaude sanitaire.

Ce type de montage est conseillé lorsqu'il existe deux zones de chauffage fonctionnant à des régimes de températures très distincts (ici un plancher chauffant et des radiateurs fonctionnant à haute température).

#### *Partie circuit chauffage : principe de fonctionnement hydraulique et de régulation*

La production est maintenue à température constante.

Les deux circuits de chauffage sont régulés en fonction de l'extérieur. Les vannes à trois voies font varier la température d'eau au départ des circuits. La courbe de chauffe est adaptée au régime de température du circuit de chauffage fonctionnant à haute température. En complément, une sonde de température ambiante peut être raccordée au régulateur de la vanne trois voies de régulation et compenser la température de départ du plancher (non représenté sur le schéma).

#### **Commentaire**

Si la chaudière peut fonctionner à une température modulée et si elle ne fournit pas d'autre service que le chauffage, le régulateur peut agir directement sur le brûleur de la chaudière. La régulation de température de production en fonction de l'extérieur évite la mise en place d'une vanne à trois voies de régulation sur le circuit alimenté aux températures les plus élevées (circuit radiateur haute température sur le schéma).

L'eau de départ vers la chaudière est prélevée en partie médiane du ballon de stockage. La hauteur du piquage permet de fournir une température de départ suffisante pour compenser les déperditions à la température extérieure de base. Les spécifications constructeurs doivent être respectées.

#### **Commentaire**

Si la production d'eau chaude sanitaire est assurée indépendamment (par un ballon de stockage séparé notamment), l'eau de départ du circuit de chauffage se situe sur le piquage en partie haute du ballon de stockage.

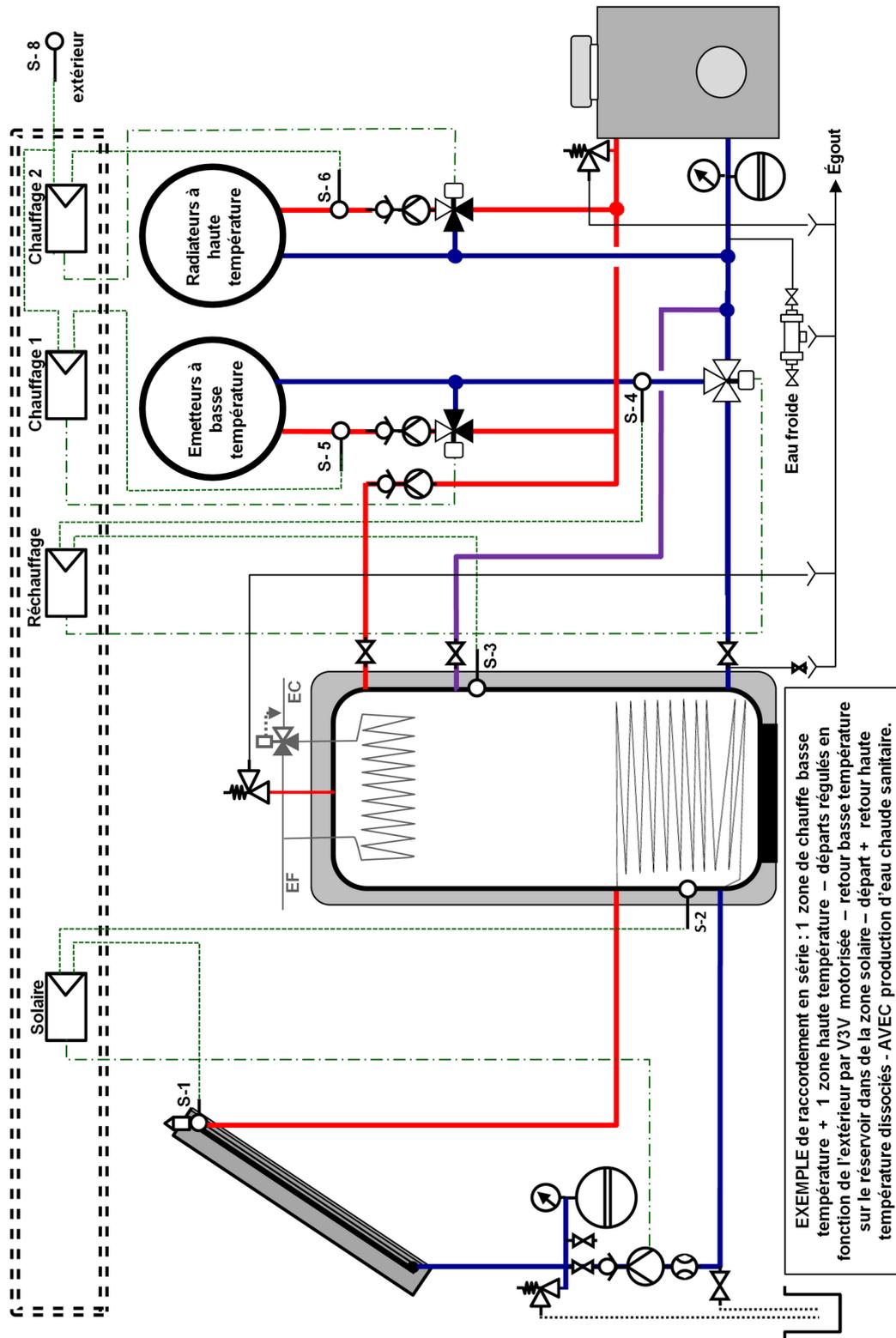
L'installation comporte deux circuits de chauffage fonctionnant à des niveaux de température très différents. Seul le retour du circuit de chauffage fonctionnant à basse température doit avoir la possibilité d'être raccordé au ballon de stockage. Le retour du circuit de

chauffage fonctionnant à haute température est raccordé directement à l'entrée de la chaudière.

*Partie circuit eau chaude sanitaire : principe de fonctionnement hydraulique et de régulation*

Un circulateur de charge, sur le départ chauffage, permet de donner priorité à l'ECS. Il réchauffe la partie supérieure du ballon de stockage lorsque sa température devient inférieure à une certaine valeur (60°C par exemple). Celle-ci s'arrête lorsque cette température devient supérieure à une certaine valeur (65°C par exemple).

La vanne à trois voies du circuit de chauffage se ferme le temps du puisage d'eau chaude sanitaire afin d'éviter des températures de départs du circuit de chauffage trop élevées.



▲ Figure 51 : Raccordement en série (ou réchauffage des retours) – alimentation d'un réseau d'émetteurs fonctionnant à des températures différentes – ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires



## 13.5. • *Système solaire à charge indirecte et raccordement mixte ou maintien en température du haut du ballon de stockage*

### 13.5.1. • Cas général : alimentation d'un circuit de chauffage unique basse température

Ce schéma comprend la chaudière existante qui alimente un circuit de chauffage basse température de type plancher chauffant et une production d'eau chaude sanitaire.

Ce schéma convient pour tous les types de chaudières et particulièrement à celles dont les performances sont favorisées par la présence d'un stockage (une chaudière bois par exemple).

Ce type de montage est conseillé pour les circuits de chauffage fonctionnant à basse température. La température de départ du circuit de chauffage étant strictement inférieure à la température de consigne pour la production d'eau chaude sanitaire (pour limiter les pertes de stockage), la surpuissance des radiateurs doit être assez importante pour abaisser la température de départ du circuit de chauffage (aux alentours de 60/65°C).

#### *Partie circuit chauffage : principe de fonctionnement hydraulique et de régulation*

La production est maintenue à température constante. La température de départ de la chaudière est suffisante pour assurer la production d'eau chaude sanitaire.

Suivant la technologie de la chaudière, l'eau de départ vers cette dernière peut être prélevée à différentes hauteur du ballon de stockage.

#### **Commentaire**

L'eau de départ vers la chaudière est prélevée : – en partie médiane du ballon de stockage pour des chaudières avec des contraintes de température de retour ;  
– en bas de ballon pour les chaudières à basse température ou condensation notamment.

L'eau de départ du circuit de chauffage est prélevée en partie médiane du ballon de stockage. La hauteur du piquage permet de fournir une température de départ suffisante pour compenser les déperditions à la température extérieure de base. Les recommandations constructeurs doivent donc être suivies afin d'éviter tout problème.

La température de l'eau de départ du circuit de chauffage est modulée au moyen d'une vanne à trois voies. La régulation est choisie en fonction de l'extérieur. En complément, une sonde de température



ambiante peut être raccordée au régulateur de la vanne trois voies de régulation et compenser la température de départ du plancher (non représenté sur le schéma).

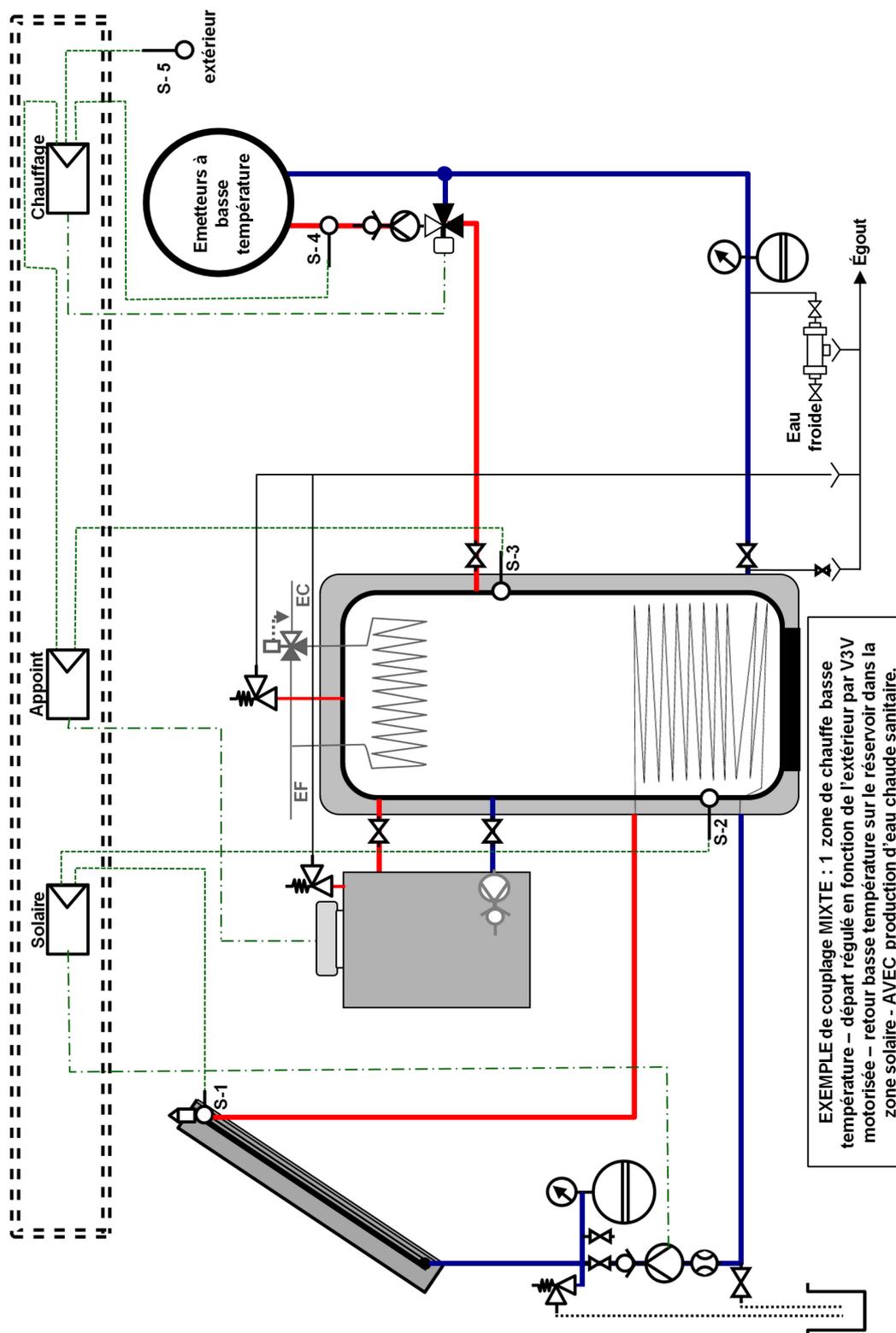
Le retour du circuit de chauffage est directement raccordé au ballon de stockage. Le circuit fonctionnant à très basse température, le retour est directement raccordé en bas de ballon de stockage.

Si le circuit de chauffage (des radiateurs par exemple) implique, à certaines périodes de la saison de chauffe, des régimes de température relativement élevés, il faut :

- soit une vanne à trois voies placée sur le circuit de retour chauffage. Elle permet de piloter le retour en stratification. L'eau est dirigée soit vers la partie inférieure du ballon, si la différence de température entre la zone inférieure du ballon et le retour du circuit de chauffage est supérieur à un différentiel  $\Delta T$ , soit vers la partie médiane du ballon dans le cas contraire ;
- soit raccorder le circuit de retour au piquage prévu au dessus de la l'échangeur solaire.

#### *Partie circuit eau chaude sanitaire : principe de fonctionnement hydraulique et de régulation*

Le fonctionnement de la chaudière donne priorité à l'eau chaude sanitaire. Elle réchauffe la partie supérieure du ballon de stockage lorsque sa température devient inférieure à une certaine valeur (60°C par exemple). Celle-ci s'arrête lorsque cette température devient supérieure à une certaine valeur (65°C par exemple).



▲ Figure 52 : Raccordement mixte – alimentation d'un circuit de chauffage unique basse température – ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires

### 13.5.2. • Option 1 : alimentation d'un réseau d'émetteurs fonctionnant à basse température

Ce schéma comprend la chaudière existante qui alimente deux circuits de chauffage basse température (de type plancher chauffant et radiateurs basse température) et une production d'eau chaude sanitaire.



Ce schéma convient pour tous les types de chaudières et particulièrement à celles dont les performances sont favorisées par la présence d'un stockage (une chaudière bois par exemple).

Ce type de montage est conseillé pour les circuits de chauffage fonctionnant à basse température. La température de départ du circuit de chauffage étant strictement inférieure à la température de consigne pour la production d'eau chaude sanitaire (pour limiter les pertes de stockage), la surpuissance des radiateurs doit être assez importante pour abaisser la température de départ du circuit de chauffage (aux alentours de 60/65°C).

### *Partie circuit chauffage : principe de fonctionnement hydraulique et de régulation*

La production est maintenue à température constante. La température de départ de la chaudière est suffisante pour assurer la production d'eau chaude sanitaire.

Suivant la technologie de la chaudière, l'eau de départ vers cette dernière peut être prélevée à différentes hauteurs du ballon de stockage.

### **Commentaire**

L'eau de départ vers la chaudière est prélevée : – en partie médiane du ballon de stockage pour des chaudières avec des contraintes de température de retour ;  
– en bas de ballon pour les chaudières à basse température ou condensation notamment.

L'eau alimentant les deux circuits de chauffage est prélevée en partie médiane du ballon de stockage. La hauteur du piquage permet de fournir une température de départ suffisante pour compenser les déperditions à la température extérieure de base. Elle est adaptée au circuit de chauffage fonctionnant aux régimes de température les plus hauts (ici le circuit de radiateur basse température).

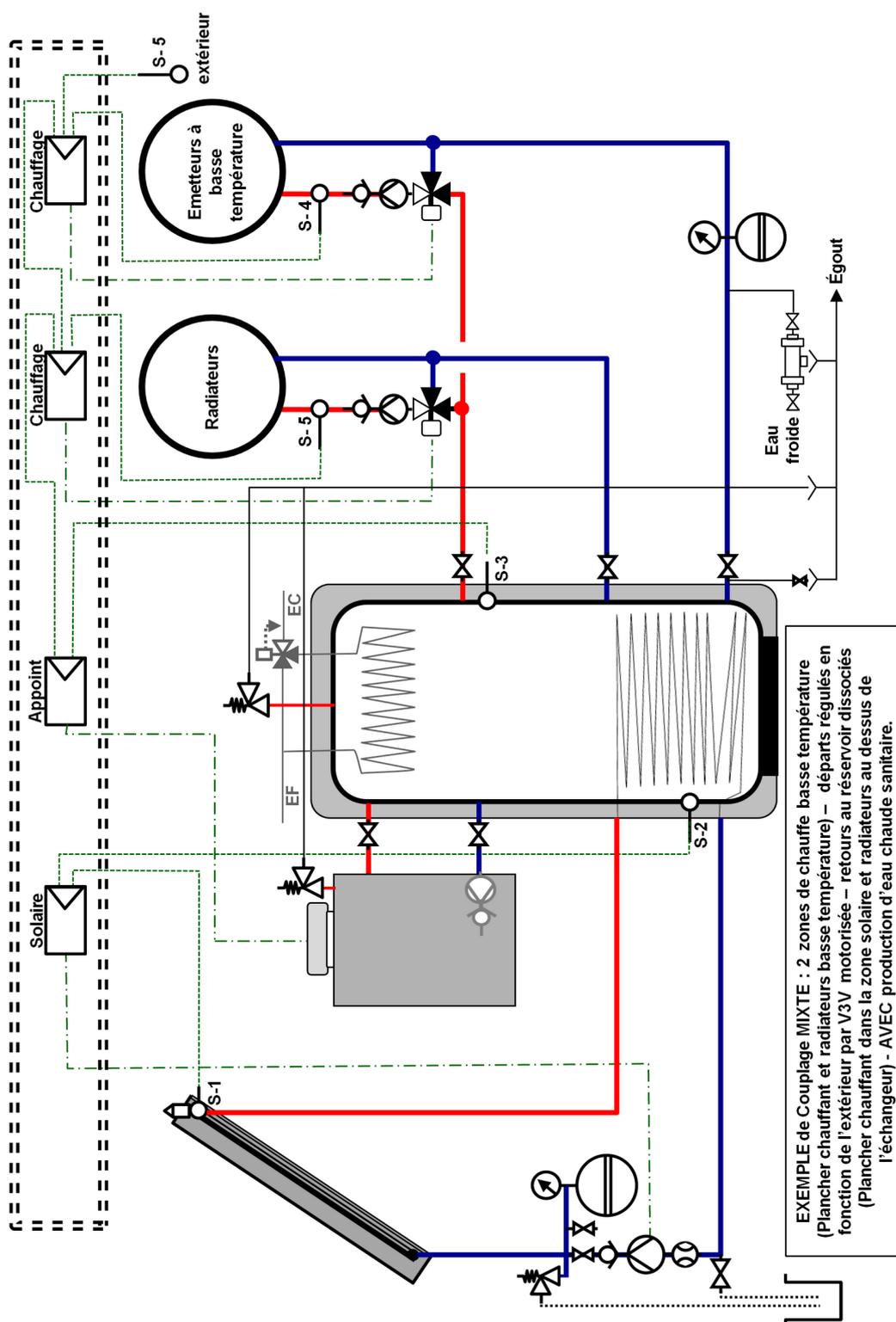
Les recommandations constructeurs doivent donc être suivies afin d'éviter tout problème.

Les deux circuits de chauffage sont régulés en fonction de l'extérieur. Les vannes à trois voies font varier la température d'eau au départ des circuits. En complément, une sonde de température ambiante peut être raccordée au régulateur de la vanne trois voies de régulation et compenser la température de départ du plancher (non représenté sur le schéma).

Les retours de chacun des circuits sont commandés séparément par des vannes directionnelles à trois voies et sont raccordés à des niveaux différents sur le ballon de stockage. Le retour du circuit de chauffage à plus basse température est raccordé sur le bas du stockage et celui à plus haute température sur le tiers inférieur, au dessus du serpentin solaire, afin de ne pas réchauffer la zone solaire.

### Partie circuit eau chaude sanitaire : principe de fonctionnement hydraulique et de régulation

Le fonctionnement de la chaudière donne priorité à l'eau chaude sanitaire. Elle réchauffe la partie supérieure du ballon de stockage lorsque sa température devient inférieure à une certaine valeur (60°C par exemple). Celle-ci s'arrête lorsque cette température devient supérieure à une certaine valeur (65°C par exemple).



▲ Figure 53 : Raccordement mixte – alimentation d'un réseau d'émetteurs basse température – ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires



### 13.5.3. • Option 2 : alimentation d'un réseau d'émetteurs fonctionnant à des niveaux de température différents

Ce schéma comprend la chaudière existante qui alimente deux circuits de chauffage fonctionnant à des niveaux de température différents (un circuit de type plancher chauffant et un autre de type radiateurs haute température) et une production d'eau chaude sanitaire.

Ce schéma convient pour tous les types de chaudières et particulièrement à celles dont les performances sont favorisées par la présence d'un stockage (une chaudière bois par exemple). Il est conseillé lorsqu'il existe deux zones de chauffage fonctionnant à des régimes de températures très distincts (ici un plancher chauffant et des radiateurs fonctionnant à haute température).

La courbe de chauffe n'est pas modifiée. Elle est adaptée au régime de température du circuit de chauffage fonctionnant à haute température.

#### *Partie circuit chauffage : principe de fonctionnement hydraulique et de régulation*

La production est maintenue à température constante. Suivant la technologie de la chaudière, l'eau de départ vers cette dernière peut être prélevée à différentes hauteurs du ballon de stockage.

#### **Commentaire**

L'eau de départ vers la chaudière est prélevée : – en partie médiane du ballon de stockage pour des chaudières avec des contraintes de température de retour ; – en bas de ballon pour les chaudières à basse température ou condensation notamment.

L'eau de départ vers le circuit de chauffage est prélevée en partie médiane du ballon de stockage. La hauteur du piquage permet de fournir une température de départ suffisante pour compenser les déperditions à la température extérieure de base. Les spécifications constructeurs doivent être respectées.

#### **Commentaire**

Si la production d'eau chaude sanitaire est assurée indépendamment (par un ballon de stockage séparé notamment), l'eau de départ du circuit de chauffage se situe sur le piquage en partie haute du ballon de stockage.

Les deux circuits de chauffage sont régulés en fonction de l'extérieur. Les vannes à trois voies font varier la température d'eau au départ des circuits. En complément, une sonde de température ambiante peut être raccordée au régulateur de la vanne trois voies de régulation et compenser la température de départ du plancher (non représenté sur le schéma).

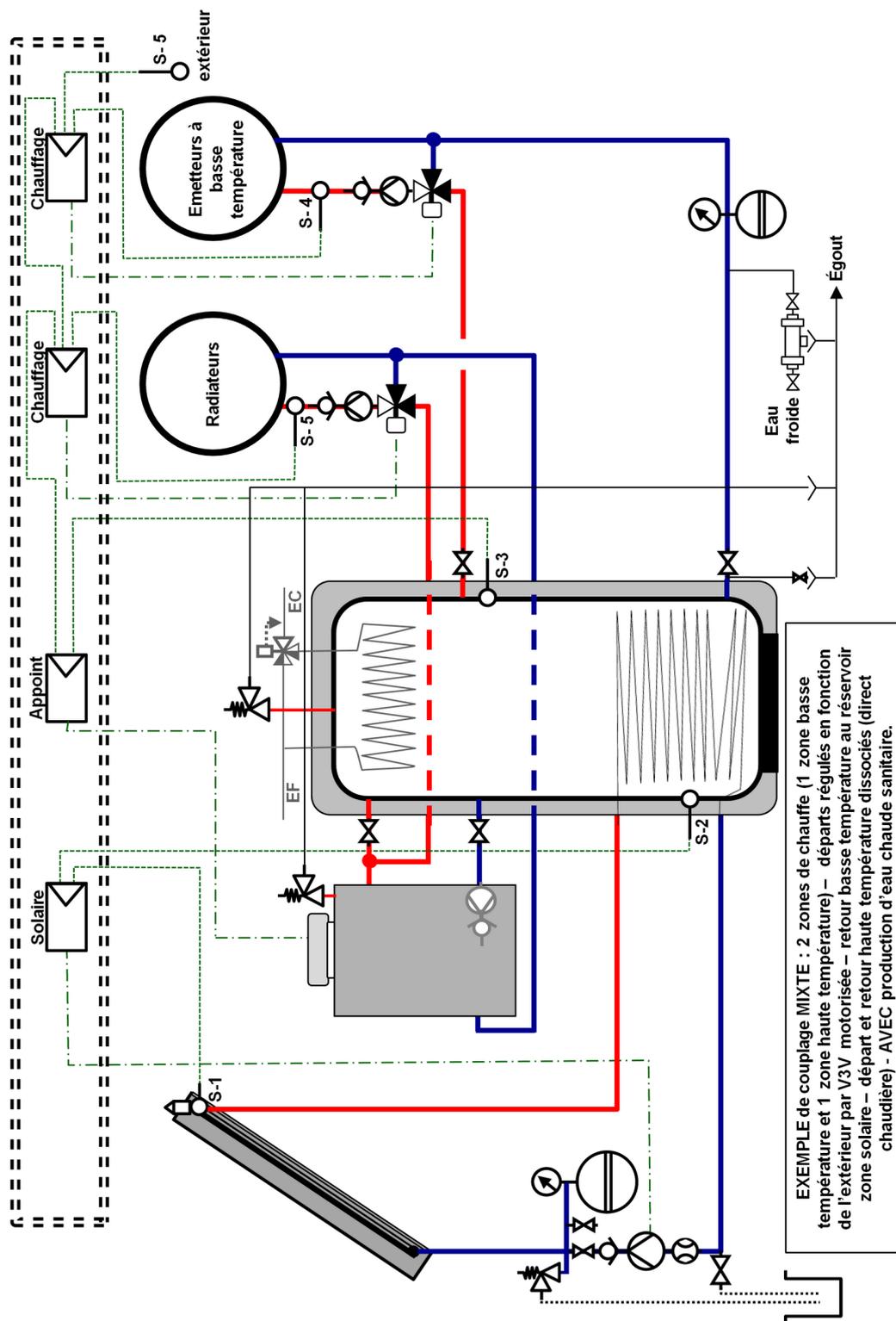
## Commentaire

Si la chaudière peut fonctionner à une température modulée et si elle ne fournit pas d'autre service que le chauffage, le régulateur peut agir directement sur le brûleur de la chaudière. La régulation de température de production en fonction de l'extérieur ainsi évite la mise en place d'une vanne à trois voies de régulation sur le circuit alimenté aux températures les plus élevées (circuit radiateur haute température sur le schéma).

L'installation comporte deux circuits de chauffage fonctionnant à des niveaux de température très différents. Seul le retour du circuit de chauffage fonctionnant à basse température doit avoir la possibilité d'être raccordé au ballon de stockage. Il est directement raccordé en bas de ballon. Le départ et le retour du circuit de chauffage fonctionnant à haute température sont raccordés directement à la chaudière.

### *Partie circuit eau chaude sanitaire : principe de fonctionnement hydraulique et de régulation*

Un circulateur de charge, sur le départ chauffage, permet de donner priorité à l'ECS. Il réchauffe la partie supérieure du ballon de stockage lorsque sa température devient inférieure à une certaine valeur (60°C par exemple). Celle-ci s'arrête lorsque cette température devient supérieure à une certaine valeur (65°C par exemple).



▲ Figure 54 : Raccordement mixte – alimentation d'un réseau d'émetteurs fonctionnant à des températures différentes – ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires



## 13.6. • *Système solaire à charge indirecte et raccordement en parallèle*

### 13.6.1. • Alimentation d'un circuit de chauffage unique basse température

La chaudière alimente un circuit de chauffage basse température de type plancher chauffant et une production d'eau chaude sanitaire.

Ce schéma convient particulièrement pour des chaudières à condensation.

#### *Partie circuit chauffage : principe de fonctionnement hydraulique et de régulation*

Le circuit de chauffage ne peut être alimenté simultanément par le ballon de stockage solaire et par l'appoint. Quand la température dans le ballon de stockage est suffisante, le circuit de chauffage est alimenté directement par lui. Dans le cas inverse, le circuit de chauffage est directement alimenté par la chaudière d'appoint. Une vanne directionnelle à trois voies permet, en regard de la température de retour et de celle du ballon de stockage, de diriger le retour du circuit de chauffage soit vers le ballon de stockage soit vers la chaudière.

La production d'appoint est maintenue à température constante. La présence d'une production d'eau chaude sanitaire ne permet pas de réguler la production en fonction de l'extérieur.

La température de l'eau de départ du circuit de chauffage est modulée au moyen d'une vanne à trois voies. La régulation est choisie en fonction de l'extérieur. En complément, une sonde de température ambiante peut être raccordée au régulateur de la vanne trois voies de régulation et compenser la température de départ du plancher (non représenté sur le schéma).

#### **Commentaire**

Si la chaudière peut fonctionner à une température modulée et si elle ne fournit pas d'autre service que le chauffage, le régulateur peut agir directement sur le brûleur de la chaudière. Néanmoins, du fait des spécificités du solaire et notamment de l'impossibilité de contrôler les niveaux de température dans le ballon de stockage, la vanne à trois voies reste indispensable.

Quand le circuit de chauffage est alimenté par le ballon de stockage, l'eau de départ est prélevée en partie médiane du ballon de stockage. La hauteur du piquage permet de fournir une température de départ suffisante pour compenser les déperditions à la température extérieure de base. Les spécifications du constructeur doivent être respectées.



## Commentaire

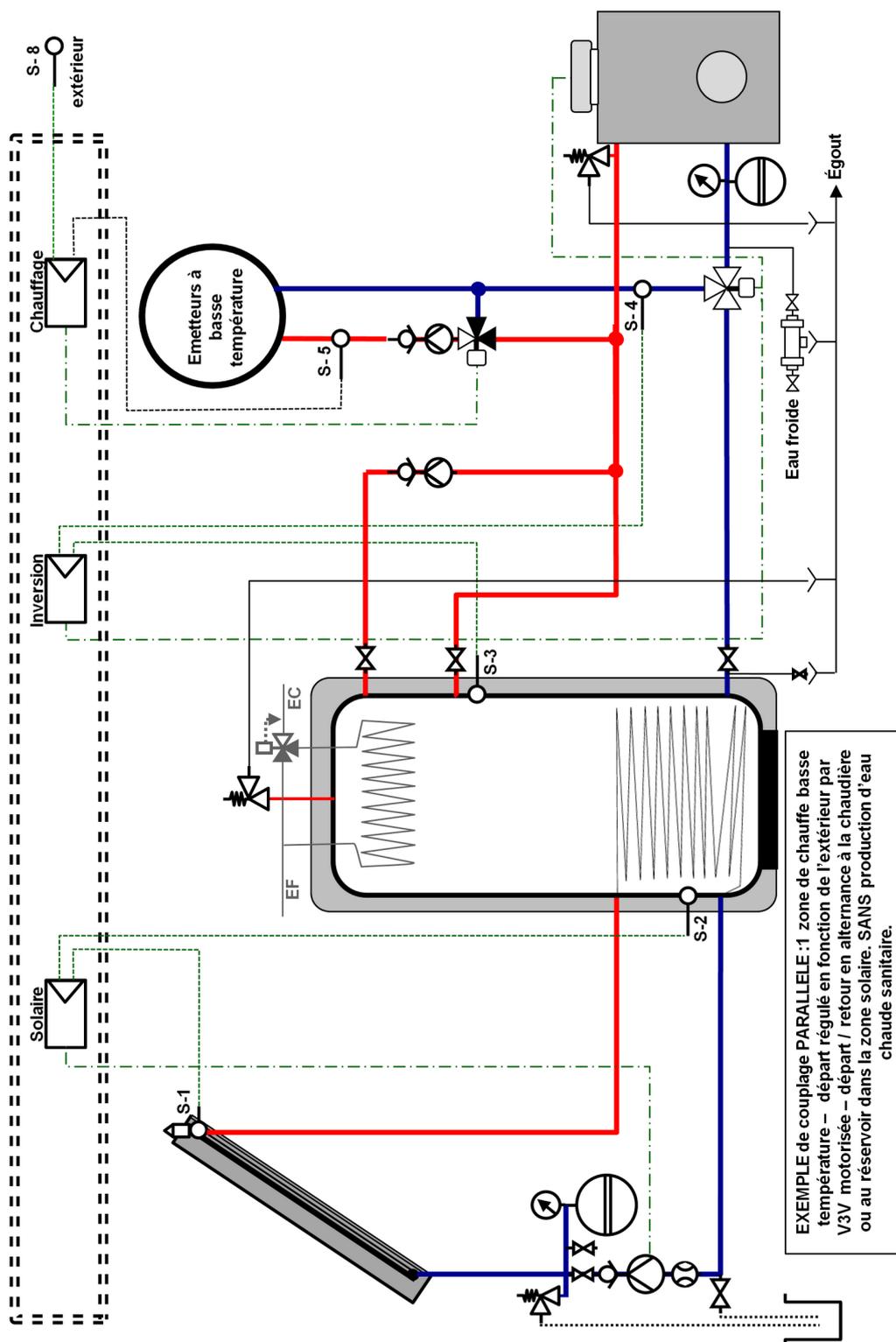
Si la production d'eau chaude sanitaire est assurée indépendamment (par un ballon de stockage séparé notamment), l'eau de départ du circuit de chauffage se situe sur le piquage en partie haute du ballon de stockage.

Le circuit de chauffage (ici un plancher chauffant) fonctionne à très basse température. Quand le circuit de chauffage est alimenté par le ballon de stockage, le retour est directement raccordé en bas de ballon de stockage. Si le circuit de chauffage (des radiateurs par exemple) implique, à certaines périodes de la saison de chauffe, des régimes de température relativement élevés, le retour est raccordé au dessus de l'échangeur solaire.

### *Partie circuit eau chaude sanitaire : principe de fonctionnement hydraulique et de régulation*

Un circulateur de charge, sur le départ chauffage, permet de donner priorité à l'ECS. Il réchauffe la partie supérieure du ballon de stockage lorsque sa température devient inférieure à une certaine valeur (60°C par exemple). Celle-ci s'arrête lorsque cette température devient supérieure à une certaine valeur (65°C par exemple).

Quand le circuit de chauffage est alimenté par la chaudière, la vanne à trois voies du circuit de chauffage se ferme le temps du puisage d'eau chaude sanitaire afin d'éviter des températures de départs du circuit de chauffage trop élevées.



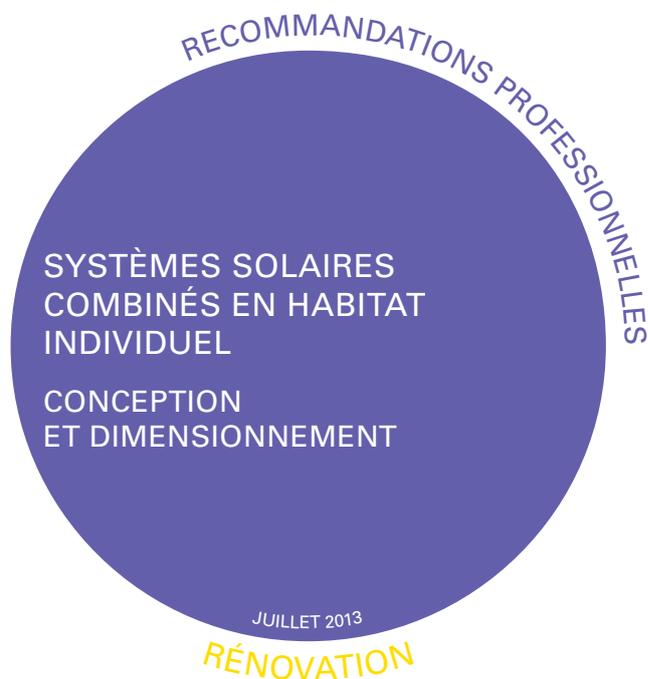
▲ Figure 55 : Raccordement en parallèle – alimentation d'un circuit de chauffage unique basse température – ce schéma est un schéma de principe, il ne comporte pas tous les équipements nécessaires

## PARTENAIRES du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération CINOV) ;
- GDF SUEZ ;
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement ;
- Plan Bâtiment Durable ;
- SYNTEC Ingénierie ;
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSFA) ;
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC) ;
- Union sociale pour l'habitat (USH).

Les productions du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.





Dans l'habitat individuel existant, la mise en place d'un Système Solaire Combiné (SSC) doit être adaptée à l'état initial de l'installation de production de chauffage et d'eau chaude sanitaire.

Ces Recommandations professionnelles exposent les bonnes pratiques ainsi que les points de vigilance à respecter pour garantir une conception et un dimensionnement corrects d'un SSC.

Les solutions techniques adaptées aux contraintes de la rénovation et les schémas hydrauliques types associés sont présentés. Une démarche simple et concrète, basée sur l'expérience, est proposée pour le dimensionnement et la sélection du SSC : surface de capteurs solaires, capacité de stockage,...

Les éléments de choix et de dimensionnement de chaque composant sont ensuite fournis.

Ces Recommandations professionnelles se veulent pratiques, elles sont illustrées par plus de 50 figures. Elles mettent à disposition des outils sous la forme de fiches :

- fiche de pré-diagnostic rappelant les contraintes spécifiques liées à l'installation d'un SSC et permettant d'évaluer la faisabilité et l'intégration à l'installation existante, sans oublier aucun des paramètres essentiels ;
- fiche de relevé permettant l'étude des caractéristiques de l'installation de chauffage et d'eau chaude sanitaire existante, l'évaluation des besoins à couvrir et la détermination des principales caractéristiques des produits à mettre en œuvre.



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS  
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

[www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr](http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr)

