



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

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

**CHAUFFE-EAU SOLAIRE
EN HABITAT INDIVIDUEL
CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT**

JUILLET 2013

NEUF

ÉDITO

Le 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

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

1 - DOMAINE D'APPLICATION	7
2 - RÉFÉRENCES	9
2.1. • Références réglementaires	9
2.2. • Références normatives	10
2.3. • Autres documents	13
3 - DÉFINITIONS	14
4 - LES SOLUTIONS TECHNIQUES	16
4.1. • Les systèmes à thermosiphon	17
4.1.1. • Les systèmes à thermosiphon monoblocs	17
4.1.2. • Les systèmes à thermosiphon à éléments séparés	18
4.2. • Les systèmes à circulation forcée	20
4.3. • Les systèmes autovidangeables	21
4.4. • L'appoint	24
4.4.1. • L'appoint séparé	24
4.4.2. • L'appoint intégré	26
4.4.3. • L'appoint par chaudière instantanée ou micro-accumulation	28
4.5. • Prévention des risques liés à l'eau chaude sanitaire	28
4.5.1. • Limiter le risque de brûlure	29
4.5.2. • Limiter le risque lié au développement des légionelles	30
5 - VALIDATION DE LA SOLUTION TECHNIQUE	32
5.1. • Posséder une surface suffisante et optimale	32
5.1.1. • L'inclinaison	32
5.1.2. • L'orientation	33
5.1.3. • Les masques	34
5.2. • Posséder un emplacement suffisant pour recevoir le CESI	34
5.3. • Prendre en compte les spécificités du solaire	34
5.4. • Prévoir l'implantation du chantier	35
5.5. • Exemple de fiche pratique	35
6 - ESTIMATION DES CONSOMMATIONS D'EAU CHAUDE SANITAIRE	39
7 - CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL	42
7.1. • 1er critère : choix de la configuration du CESI	42
7.2. • 2ème critère : volume du ballon de stockage solaire	43
7.3. • 3ème critère : zone climatique concernée	43
7.4. • 4ème critère : le taux de couverture	44

7.5. • 5ème critère : productivité solaire	44
7.6. • 6ème critère : la surface de capteurs	45

8 - CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU CIRCUIT PRIMAIRE SOLAIRE..... 47

8.1. • Canalisations	47
8.2. • Isolation thermique.....	49
8.3. • Le circulateur	50
8.4. • Systèmes évitant l'inversion du sens d'écoulement.....	51
8.5. • Système de purge	52
8.6. • Vase d'expansion solaire	54
8.7. • La soupape de sécurité	57
8.8. • Le liquide caloporteur.....	58
8.9. • Dispositif de remplissage, de vidange et de prélèvement	61
8.10. • Instruments de mesure et de contrôle	62

9 - RÉGULATION 63

9.1. • Principe de fonctionnement	63
9.2. • Réglages du régulateur : les fonctions les plus fréquentes.....	66
9.2.1. • Température maximale du capteur solaire.....	66
9.2.2. • Fonction capteurs à tubes	66
9.2.3. • Fonction antigel	67
9.2.4. • Fonction refroidissement nocturne (vacances).....	67
9.3. • Les sondes de température.....	67

10 - RACCORDEMENTS ÉLECTRIQUES..... 69

11 - LE STOCKAGE..... 70

11.1. • L'emplacement.....	70
11.2. • L'encombrement.....	71
11.3. • L'accessibilité	72
11.4. • Les réservations.....	72
11.5. • La stratification	72
11.6. • Les déperditions du ballon.....	73
11.7. • Raccordements	74

DOMAINE D'APPLICATION

1



Ces Recommandations professionnelles ont pour objet de fournir les prescriptions techniques pour la conception et le dimensionnement d'installations solaires individuelles destinées à la production d'eau chaude sanitaire, désignées chauffe-eau solaires individuels (CESI).

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 ou non (installation à circulation forcée ou à thermosiphon). Le circuit est rempli de liquide caloporteur avec antigel ou non (installation à circuit indirect) ou d'eau sanitaire (installation à circuit direct). 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 la production d'eau chaude sanitaire ;
- de la distribution d'eau chaude sanitaire.

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 neuf, 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, de Mayotte 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 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^{er} 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'Etat) et le décret n° 65-48 du 8 janvier 1965.
- Décret n°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 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 1993-1-8 Décembre 2005, Eurocode 3 Partie 1-8 : Calcul des assemblages
- 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 1487 : Décembre 2000, Robinetterie de bâtiment – groupe de sécurité– Essais et prescriptions.
- 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 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.

2.3. • *Autres documents*

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

Ballon de stockage

Il est destiné à stocker l'énergie solaire produite par l'installation solaire. Il est dimensionné en regard de la consommation journalière.

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.

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).

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.

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).

Installation à thermosiphon

Installation dans laquelle la circulation du fluide caloporteur entre le capteur et le réservoir de stockage est assurée uniquement par les changements de masse volumique de ce fluide.

Installation à circuit indirect, installation avec échangeur

Installation solaire dans laquelle un fluide caloporteur autre que l'eau sanitaire circule dans les capteurs solaires.

Installation à circuit direct, installation sans échangeur

Installation solaire dans laquelle l'eau sanitaire circule dans les capteurs solaires.



LES SOLUTIONS TECHNIQUES

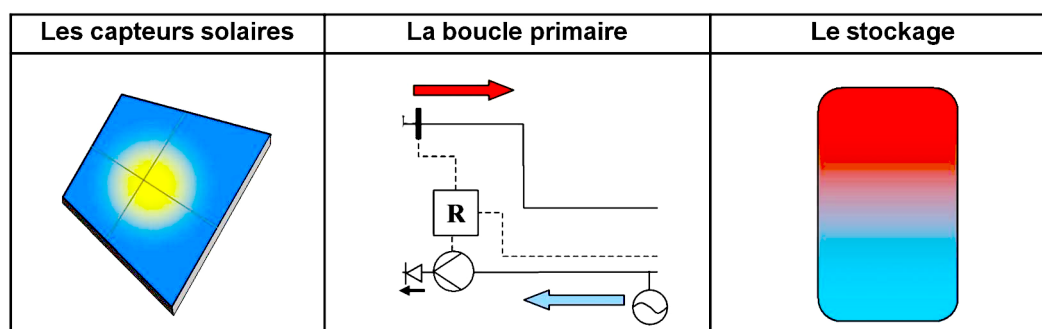
4



Un chauffe-eau solaire est un procédé solaire participant, en partie, à la couverture des besoins d'eau chaude sanitaire d'un bâtiment. L'installation est composée de trois parties principales, comme présenté en (Figure 1).

L'installation de production d'eau chaude sanitaire se compose :

- de capteurs solaires : ils assurent la transformation du rayonnement solaire en chaleur ;
- d'une boucle de transfert : il assure le transport de l'énergie depuis les capteurs solaires vers le ballon de stockage par le biais d'un échangeur de chaleur incorporé au stockage. Il comporte notamment le circulateur (ou la pompe) et la régulation associée ;
- d'un ballon de stockage : il maintient l'eau chaude sanitaire en température en vue de sa future utilisation. L'appoint peut être séparé ou intégré au ballon de stockage.



▲ Figure 1 : Les différents éléments d'une installation solaire

4.1. • Les systèmes à thermosiphon

Dans une installation de type thermosiphon, la circulation du liquide caloporteur entre le capteur et le réservoir de stockage est assurée uniquement par les changements de masse volumique de ce fluide. La densité du liquide caloporteur diminue en chauffant. Le liquide chauffé par les capteurs monte vers le ballon de stockage situé au-dessus. En transférant sa chaleur à l'eau stockée il se refroidit, sa densité augmente et l'entraîne vers les capteurs. Les installations qui fonctionnent en thermosiphon fonctionnent sans circulateur ni régulation.

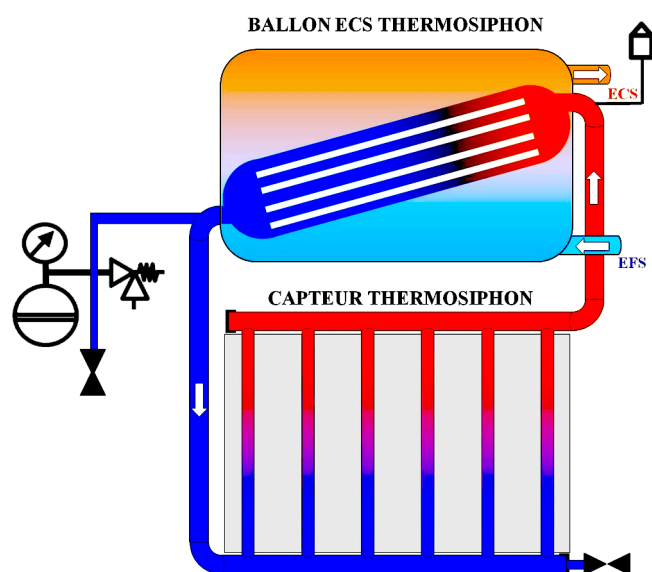
Un système fonctionnant en thermosiphon avec une boucle primaire remplie de liquide antigel et un échangeur assurant le transfert de chaleur est appelé système indirect.

En termes de produit, deux familles de systèmes fonctionnant en thermosiphon se distinguent : les systèmes monoblocs et les systèmes à éléments séparés.

4.1.1. • Les systèmes à thermosiphon monoblocs

Dans un système monobloc, les capteurs et le ballon sont intégrés sur un même châssis rigide servant de support. Ces systèmes très simples ont un faible coût d'investissement et une mise en œuvre simplifiée. Ils sont utilisés dans des zones climatiques où il n'y a pas de risque de gel et fonctionnent sans énergie électrique auxiliaire. La fiabilité fait partie de leurs qualités.

L'ensemble peut-être fixé sur le toit sous réserve qu'il puisse en supporter la surcharge. Bien souvent le ballon est horizontal, ce qui entraîne une mauvaise stratification des températures pourtant essentielle à une bonne performance de l'installation solaire. De la même façon, si le ballon horizontal est équipé d'un appoint, les performances du CESI sont dégradées. Enfin les déperditions d'un ballon de stockage placé à l'extérieur sont supérieures à celles d'un ballon intérieur. On donne (Figure 2) le schéma de principe d'un chauffe-eau solaire monobloc à circulation indirecte.



▲ Figure 2 : Schéma de principe d'un thermosiphon monobloc

Les spécificités des systèmes monoblocs :

- faible coût d'investissement ;
- mise en œuvre simplifiée ;
- fonctionnement naturel permettant une production d'eau chaude sanitaire même en cas de coupure électrique (aucun raccordement électrique nécessaire).
- ne convient pas pour les régions où il y a risques de gel car les tuyaux d'arrivée/départ d'eau chaude sont très exposés au gel ;
- poids conséquent sur la toiture du fait du ballon de stockage ;
- mauvaise stratification des températures du fait de l'utilisation d'un ballon de stockage horizontal ;
- détérioration des performances si il y a utilisation d'un appoint intégré (ballon horizontal) ;
- absence de régulation pour la limitation de la température de stockage (tant que la température de stockage est inférieure à la température en sortie de capteurs, il y a échange de chaleur capteurs-ballon).

4.1.2. • Les systèmes à thermosiphon à éléments séparés

Dans ces systèmes, les capteurs et le ballon sont séparés. Le fond du ballon doit être plus haut que le bord supérieur du capteur. Le ballon est généralement placé à l'intérieur du bâtiment.

Le thermosiphon met en jeu des forces motrices faibles. Il faut donc réaliser l'installation qui opposera le moins de résistance à la circulation du fluide. Pour cela, les canalisations doivent être les plus rectilignes et les plus courtes possibles, lisses et d'un diamètre supérieur aux systèmes fonctionnant à circulation forcée. Le cheminement de

ces canalisations doit respecter une pente régulière et ne doit pas présenter de contre-pente.

L'usage de ballons verticaux permet une bonne stratification des températures et facilite la mise en place d'un appoint intégré.

Commentaire

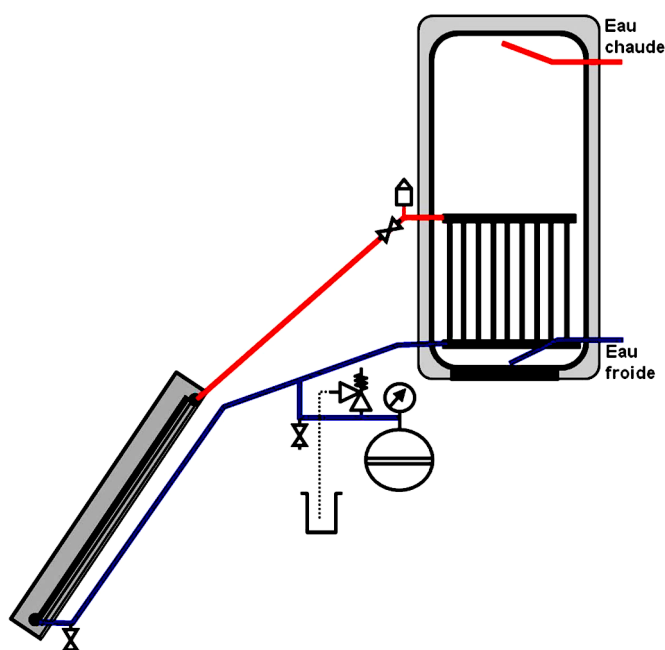
Dans le cas d'un système à thermosiphon, avec mise en œuvre des capteurs solaires en toiture inclinée, le ballon de stockage est généralement positionné sous les combles. Du fait de contraintes d'installation et notamment d'une hauteur sous toiture disponible limitée, le ballon est généralement horizontal.

Il est possible de raccorder plusieurs capteurs sur un système thermosiphon. Dans ce cas, les circuits hydrauliques de chaque capteur doivent être équilibrés. Plus le nombre de capteurs augmente, plus les pertes de charge augmentent. Les systèmes à thermosiphon sont donc plutôt adaptés pour des installations de faibles tailles.

Pour les systèmes à circulation indirecte, la boucle primaire est remplie de liquide antigel pour se prémunir du risque de gel.

L'absence de régulation sur le circuit primaire fait que le capteur peut charger le ballon sans limite. L'utilisation d'une vanne thermostatique en entrée du ballon peut être une solution pour limiter la température dans celui-ci. Il faut veiller à ne pas introduire des pertes de charge supplémentaires pouvant mettre en péril le bon fonctionnement du thermosiphon.

On donne (Figure 3) le schéma de principe d'un chauffe-eau solaire à éléments séparés fonctionnant en thermosiphon.



▲ Figure 3 : Schéma de principe d'un thermosiphon à éléments séparés

Les spécificités des systèmes à éléments séparés :



- fonctionnement naturel permettant une production d'eau chaude sanitaire même en cas de coupure électrique (aucun raccordement électrique nécessaire).
- mise en œuvre délicate : les préconisations du constructeur devront toujours être prises en considération (diamètres minimums des tubes utilisés, pentes minimales et longueurs maximales des canalisations, dénivelé minimum capteur/ballon) ;
- emplacement disponible du stockage: le point le plus haut des capteurs se situe toujours sous le point le plus bas du ballon. Opter pour un ballon vertical peut être difficile (mauvaise stratification et difficulté pour la mise en place d'un appoint intégré) ;
- absence de régulation pour la limitation de la température de stockage: tant que la température de stockage est inférieure à la température en sortie de capteurs, il y a échange de chaleur capteurs-ballon.

4.2. • *Les systèmes à circulation forcée*

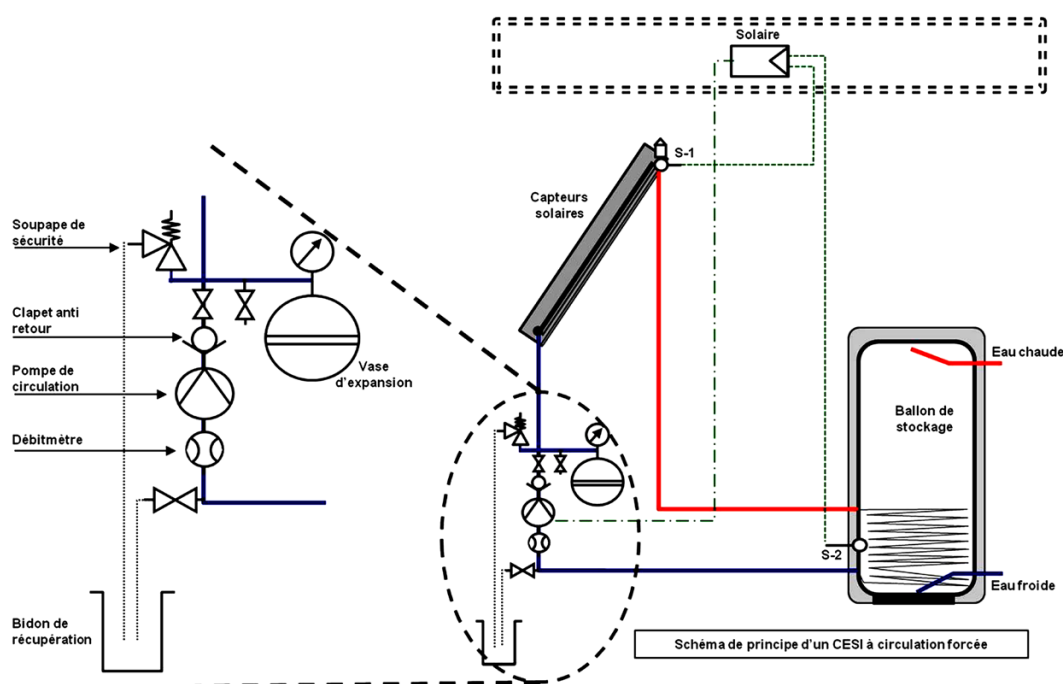
Dans une installation à circulation forcée, un circulateur est utilisé pour faire circuler le liquide caloporteur dans le(s) capteur(s). Ce circulateur fait circuler le liquide caloporteur des capteurs vers l'échangeur tant que la température en sortie des capteurs est suffisante pour réchauffer le ballon de stockage.

L'appoint peut être intégré ou externe au ballon de stockage.

Dans ces systèmes, la situation des capteurs n'est pas imposée par celle du ballon tant que les caractéristiques de la tuyauterie (longueur, diamètre, hauteur) permettent au circulateur la mise en mouvement du liquide caloporteur.

La boucle primaire est remplie de liquide antigel qui protège l'installation quelle que soit la zone climatique dans laquelle le CESI est installé.

C'est le type de système le plus installé à l'heure actuelle. On donne (Figure 4) le schéma de principe d'un chauffe-eau solaire à circulation forcée.



▲ Figure 4 : Schéma de principe d'un CESI à circulation forcée

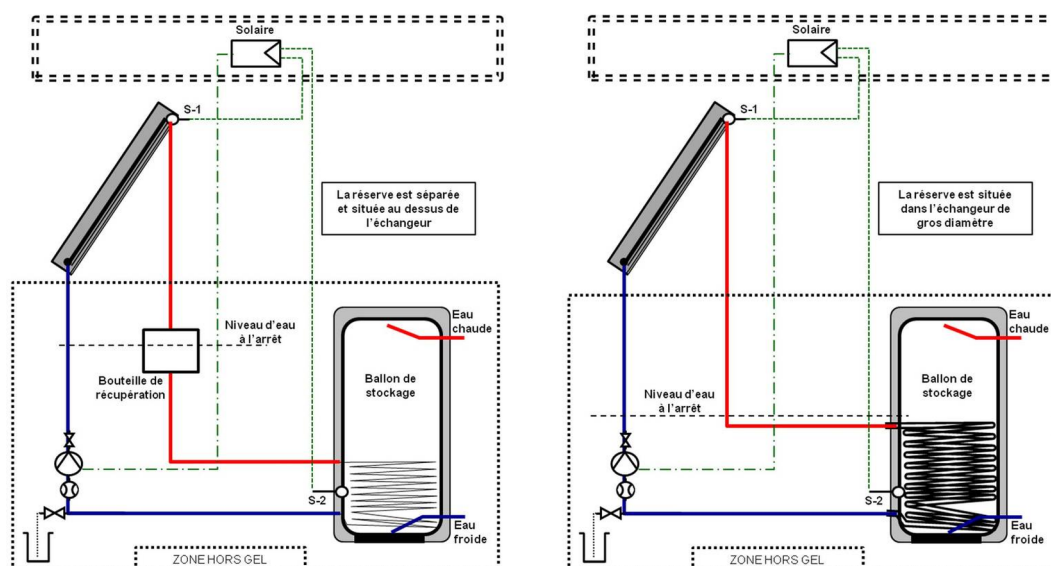
Les spécificités des systèmes à circulation forcée :

- système adapté à toutes les configurations d'habitat ;
- contrôle en température du ballon possible.
- nécessité d'une régulation différentielle pilotant le circulateur ;
- besoin d'une alimentation électrique.

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.

Comme illustré en (Figure 5) et selon le type de réserve, il existe plusieurs techniques d'autovidangeables.



▲ Figure 5 : Schémas de principe d'un CESI autovidangeable

L'originalité réside dans le fait que le circuit primaire (circuit entre les capteurs et l'échangeur et situé 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 un 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.

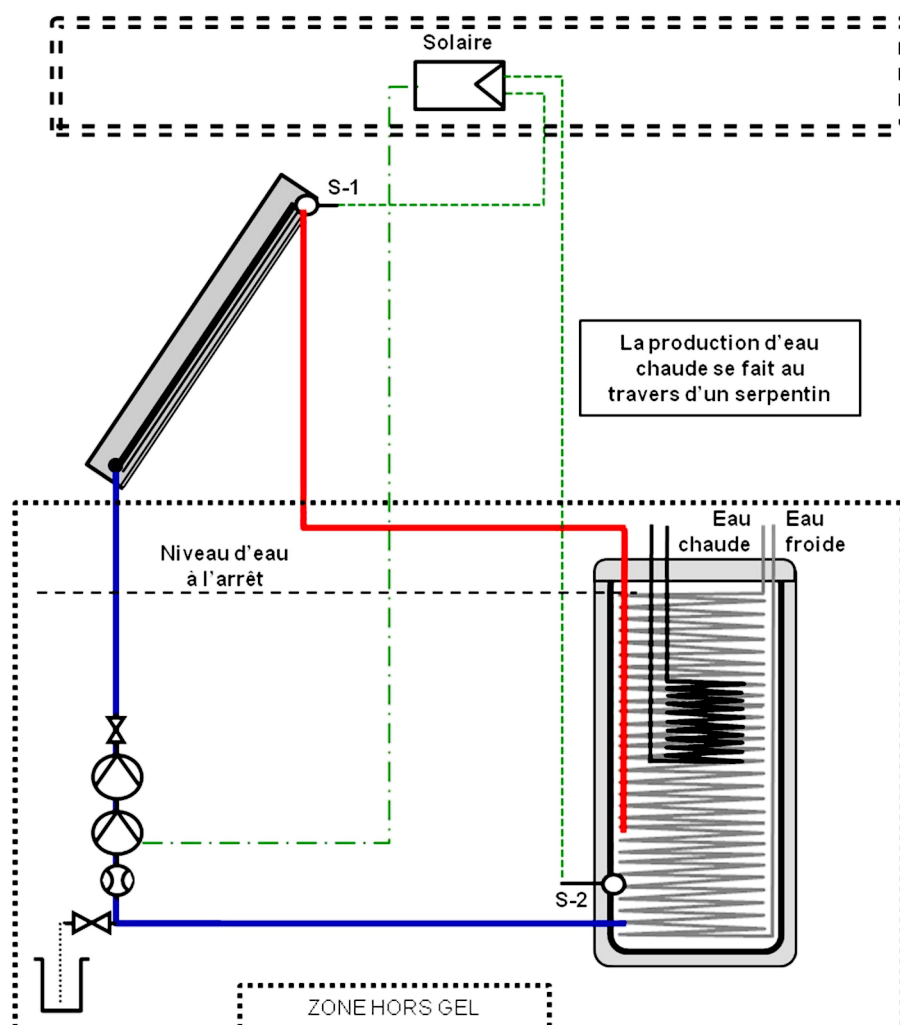
Il est nécessaire d'utiliser une pompe capable de remonter le liquide au niveau le plus haut de l'installation et donc de vaincre la hauteur manométrique maximale pour la remise en eau de l'ensemble.

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.



▲ Figure 6 : Schéma de principe d'un autovidangeable avec stockage en eau technique

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.



4.4. • L'appoint

Quel que soit le système de production solaire installé, il faut lui adjoindre un appoint afin de couvrir la totalité des besoins annuels en eau chaude sanitaire. Trois systèmes d'appoint sont possibles :

- appoint séparé par ballon avec échangeur hydraulique ou cumulus électrique ;
- appoint intégré dans le ballon (à partir de 200 litres) ;
- appoint séparé par chaudière instantanée ou micro-accumulation.

La température de sortie de l'équipement (après appoint) doit être supérieure ou égale à 55°C. Le point de consigne de l'appoint est donc réglé au minimum à 55°C et fréquemment à 60°C.

4.4.1. • L'appoint séparé

Le ballon solaire est monté en série en amont du ballon. L'appoint peut être électrique ou hydraulique. Des schémas de principe sont proposés en (Figure 7) et en (Figure 8). Cette solution conduit à avoir un ballon solaire d'un volume égal au volume des besoins moyens journaliers et un ballon d'appoint dimensionné pour répondre aux besoins.

Commentaire

Comparativement à une installation avec appoint intégré dans le ballon, la surface au sol occupée ainsi que les pertes thermiques sont plus importantes.

Les deux volumes, solaire et appoint, sont séparés. Aucun mélange entre eux n'est possible. L'appoint ne perturbe pas la stratification du ballon solaire.

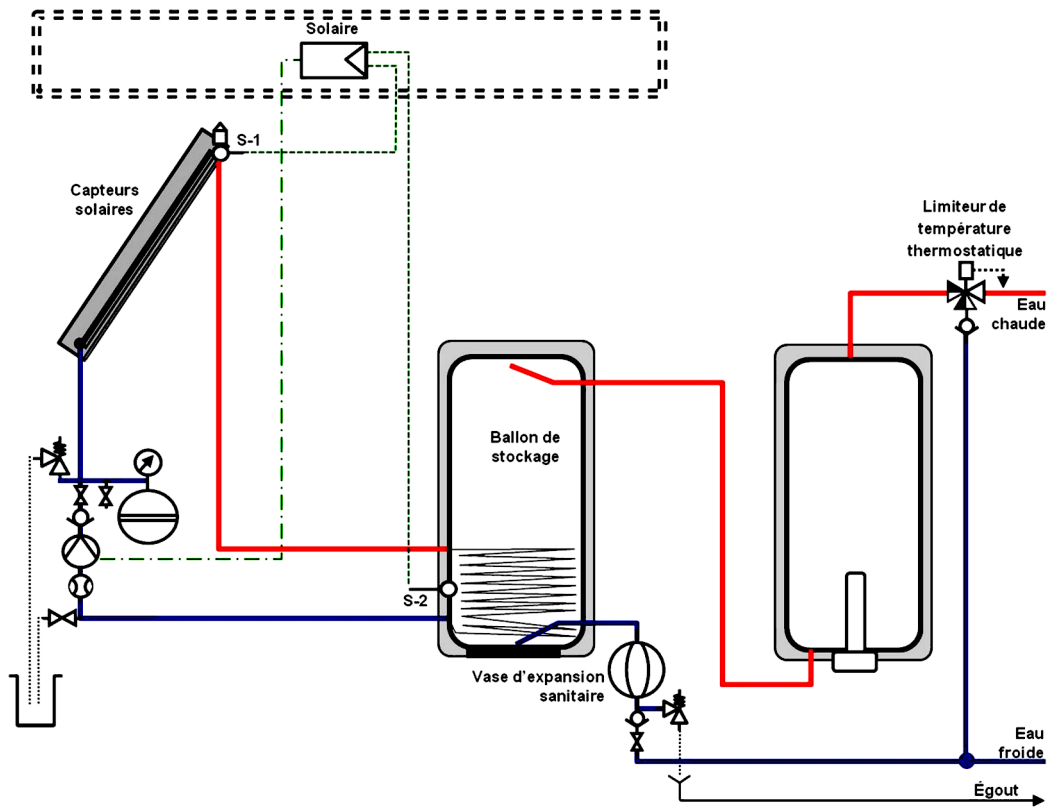
Le volume consacré à l'appoint est plus important que pour une installation avec appoint intégré dans le ballon solaire. Pour un appoint hydraulique, les séquences marche-arrêt de la chaudière peuvent fortement influencer les performances du générateur.

La pose d'un groupe de sécurité sanitaire à l'entrée du ballon d'appoint est proscrite si ce dernier n'accepte pas des températures d'eau chaude.

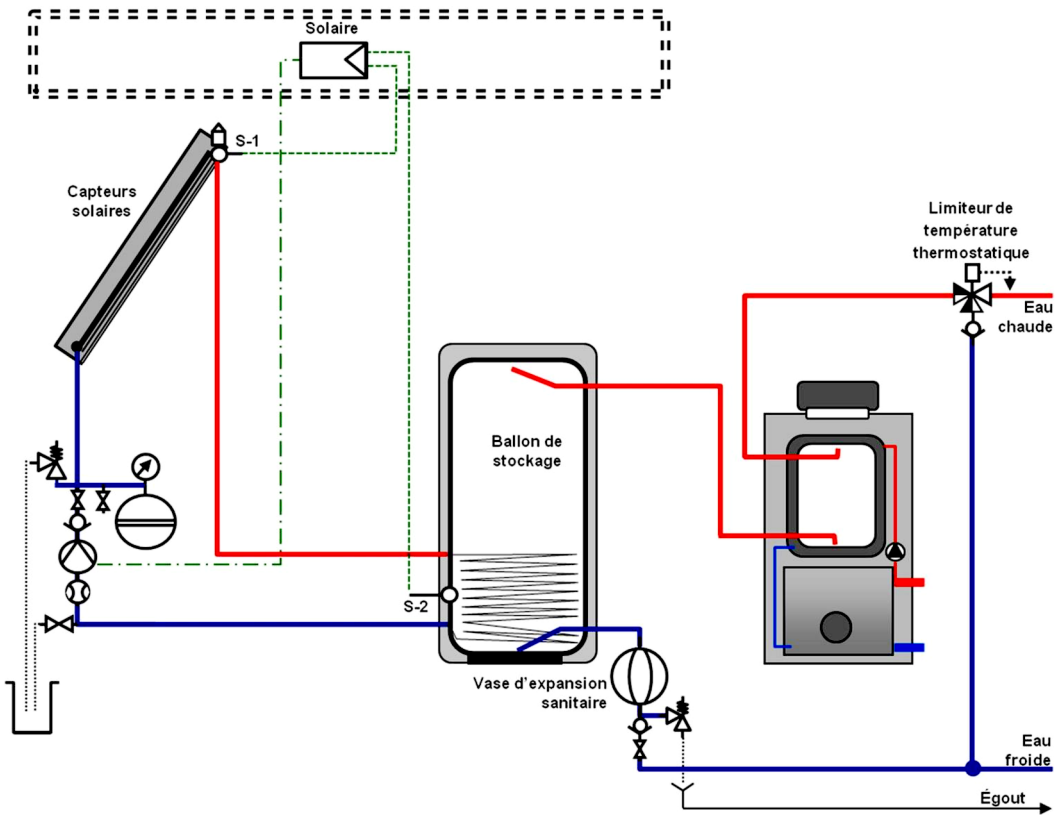
Le groupe de sécurité est à placer à l'entrée d'eau froide sanitaire du ballon solaire. Outre le dispositif de sécurité de surpression (par exemple, groupe de sécurité, soupape) obligatoire, un vase d'expansion sanitaire est fortement conseillé pour éviter un écoulement au groupe de sécurité, principalement l'été avec les montées en température du ballon solaire.



Le court-circuitage possible du ballon d'appoint (avec une vanne à trois voies manuelle ou automatique) permettant d'arrêter l'appoint en été doit être évité pour des raisons sanitaires. L'inconvénient dans ce cas est le maintien des pertes thermiques du ballon d'appoint durant l'été.



▲ Figure 7 : Schéma de principe de la solution avec appoint séparé par ballon électrique



▲ Figure 8 : Schéma de principe de la solution avec appoint séparé par ballon échangeur



4.4.2. • L'appoint intégré

La solution avec appoint intégré n'est pas utilisable avec les systèmes qui fonctionnent en thermosiphon monobloc.

L'appoint intégré au ballon de stockage solaire peut être électrique ou hydraulique. Des schémas de principe sont proposés respectivement en (Figure 9) et en (Figure 10).

Commentaire

Comparativement à une installation avec appoint séparé, cette solution permet d'occuper une surface au sol plus faible.

Dans le cas d'un appoint électrique, le réchauffeur est fourni par le fabricant. Il doit être placé entre la moitié et le tiers supérieur du ballon.

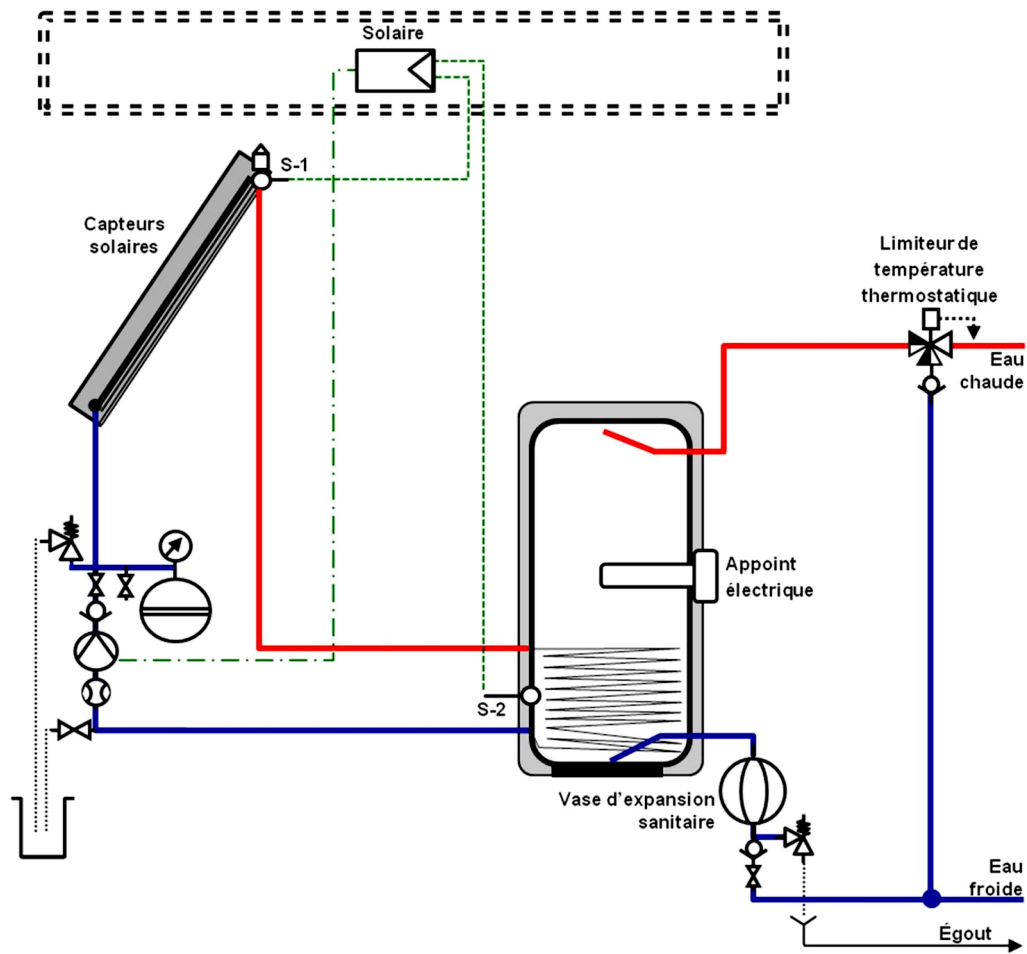
Dans le cas d'un appoint hydraulique, l'échangeur supérieur est raccordé à la chaudière. La température du ballon de stockage est contrôlée par la régulation de la chaudière.

Il existe des ballons mixtes qui possèdent un échangeur hydraulique et une résistance électrique. Ils sont utilisés pour éviter de laisser la chaudière en fonctionnement hors de la saison de chauffe.

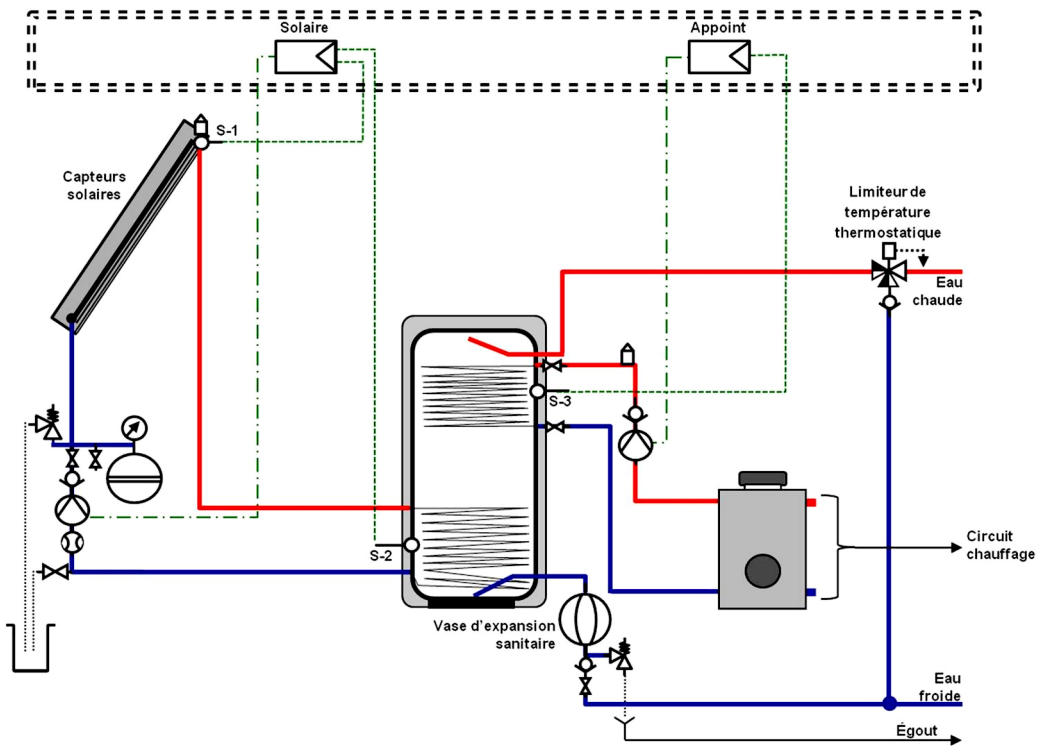
Dans tous les cas, une horloge de programmation, pour commander l'appoint, est indispensable pour une bonne gestion de l'énergie.



Si le volume total du ballon avec appoint intégré est supérieur ou égal à 400 litres, la température à sa sortie doit être en permanence supérieure ou égale à 55°C. Ce maintien en température peut être difficile notamment dans le cas d'un appoint par résistance électrique asservie à une horloge de type heures creuses.



▲ Figure 9 : Schéma de principe de la solution avec appoint électrique intégré



▲ Figure 10 : Schéma de principe de la solution avec appoint hydraulique intégré



4.4.3. • L'appoint par chaudière instantanée ou micro-accumulation

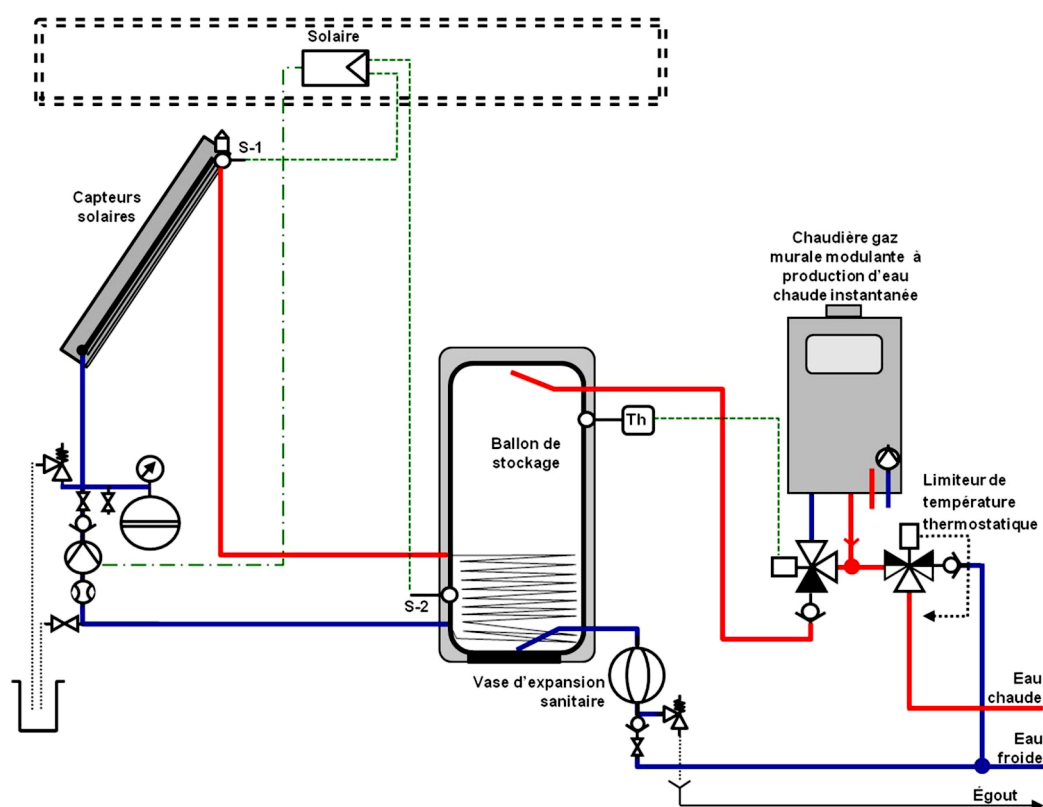
L'eau est préchauffée par le solaire et sa température est menée à sa valeur de consigne par la chaudière modulante. La puissance de la chaudière varie progressivement en fonction du débit et de la température demandée.

Toutes les chaudières n'acceptent pas une température trop élevée à leur entrée, d'où la présence de la vanne trois voies qui bypasse la chaudière si la température en sortie du ballon solaire est suffisante.

Compte tenu des niveaux élevés de température que l'eau peut atteindre, le limiteur de température au départ de la distribution reste obligatoire.

Il convient de se renseigner impérativement auprès du fabricant de chaudière gaz sur la faisabilité du raccordement d'un CESI.

La (Figure 11) donne un exemple de raccordement à une chaudière instantanée.



▲ Figure 11 : Schéma de la solution avec appoint séparé par chaudière gaz instantanée

4.5. • Prévention des risques liés à l'eau chaude sanitaire

L'arrêté du 30 novembre 2005 a modifié l'article 36 de l'arrêté du 23 juin 1978 afin de prévenir les risques liés aux légionelles et aux brûlures dans les installations fixes destinées à l'alimentation en eau

chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou locaux recevant du public.

4.5.1. • Limiter le risque de brûlure

Afin de limiter le risque de brûlure :

- 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.

Afin de limiter la température de distribution, un limiteur de température en sortie du système de production d'eau chaude sanitaire, conforme aux exigences techniques du document technique 8 « Limiteurs de température ECS » de la marque NF « Robinetterie de réglage et de sécurité », doit être installé à la sortie du dispositif de stockage.

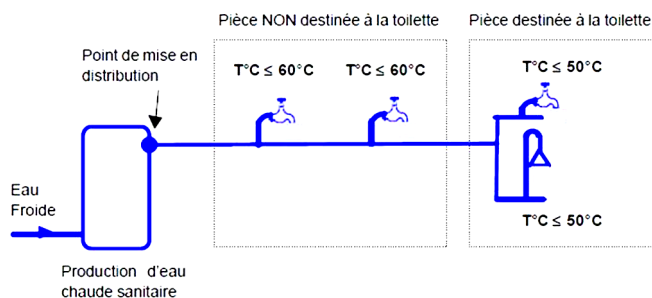
L'eau chaude sera limitée à 60°C en sortie du système de production et limitée à 50°C en amont des pièces destinées à la toilette.



La température de l'eau fournie par un chauffe-eau solaire individuel peut atteindre des niveaux très élevés. La pose d'un limiteur de température au départ de la distribution est indispensable.

Le limiteur de température doit interdire la circulation du fluide chaud vers l'eau froide pour éviter une éventuelle déstratification du ballon. Un clapet anti retour doit être installé sur l'arrivée d'eau froide du limiteur de température, si ce dernier n'en est pas équipé.

La (Figure 12) illustre les différents niveaux de températures imposés l'arrêté du 30 novembre 2005 et par la circulaire interministérielle DGS du 3 avril 2007.



NB : seules les prescriptions relatives à la prévention des brûlures figurent sur ce schéma

▲ Figure 12 : Prescriptions visant à prévenir le risque de brûlure aux points d'usage



4.5.2. • Limiter le risque lié au développement des légionelles

Afin de limiter le risque lié au développement des légionelles :

- 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 doit être supérieure ou égale à 50°C en tout point du système de distribution, à l'exception des tubes finaux d'alimentation des points de puisage. Le volume de ces tubes finaux d'alimentation doit être le plus faible possible et dans tous les cas inférieur ou égal à 3 litres ;
- lorsque le volume total des équipements de stockage est supérieur ou égal à 400 litres, l'eau contenue dans les équipements de stockage, à l'exclusion des ballons de préchauffage, doit être en permanence à une température supérieure ou égale à 55 °C à la sortie des équipements ou être portée à une température suffisante au moins une fois par 24 heures, sous réserve du respect permanent des dispositions prévues afin de limiter les risques de brûlure, voir (Figure 13).

Temps minimum de maintien de la température (min)	Température de l'eau (°C)
2 minutes	Supérieure ou égale à 70°C
4 minutes	65°C
60 minutes	60°C

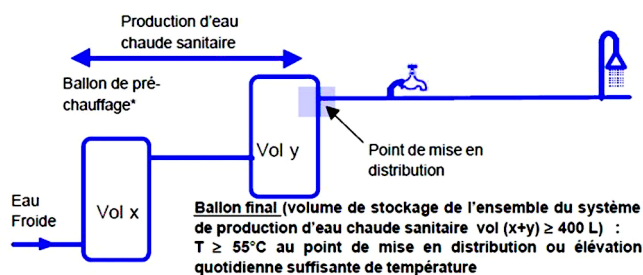
▲ Figure 13 : Durée minimale d'élévation quotidienne de la température de l'eau dans les équipements de stockage, à l'exclusion des ballons de préchauffage

Quand l'installation ne comporte qu'un seul ballon avec appoint intégré, si le volume total du ballon est supérieur ou égal à 400 l, la température doit être en permanence supérieure ou égale à 55°C à la sortie du ballon.



Quelle que soit la configuration de chauffe-eau retenue, le professionnel doit s'assurer que l'exigence sur la température minimale de 55°C en sortie de ballon est respectée.

Comme illustré en (Figure 14), lorsqu'il y a deux ballons, le volume à prendre en compte est le volume global. La température supérieure à 55 °C est à considérer à la sortie du ballon d'appoint.



NB : seules les prescriptions relatives à la prévention des légionelles dans les dispositifs de stockage figurent sur ce schéma

▲ Figure 14 : Ballons de stockage avec maintien de température dans le ballon le plus en aval

Si le point de mise en distribution et le point de puisage le plus éloigné est supérieur à 3 litres, la température de l'eau doit être supérieure ou égale à 50°C en tout point du système de distribution. Il faut prévoir un bouclage ou un dispositif de traçage électrique.

Le tableau (Figure 15) indique les longueurs à partir desquelles le volume de 3 litres est atteint, pour différentes canalisations en cuivre et en polyéthylène.

	Diamètre (mm)	Longueur (m)
Tube en polyéthylène	10-12	38
Tube en polyéthylène	13-16	23
Tube en polyéthylène	16-20	16
Tube en cuivre	14-16	20
Tube en cuivre	16-18	15
Tube en cuivre	18-20	12

▲ Figure 15 : Longueurs de canalisations correspondant à un volume de 3 litres



VALIDATION DE LA SOLUTION TECHNIQUE

5



Ce chapitre présente les spécificités d'une solution solaire pour la production d'eau chaude sanitaire. L'ensemble des points suivants doivent être vérifiés sur plan ou auprès des futurs usagers.

5.1. • *Posséder une surface suffisante et optimale*

La surface disponible pour la mise en place de capteurs solaires doit être suffisante et optimale. Elle doit être correctement orientée (+/-45° par rapport au Sud) et sans effet d'ombrage sur les capteurs.

L'emplacement choisi doit permettre un ensoleillement optimal. Trois facteurs sont à prendre en compte :

- l'inclinaison ;
- l'orientation ;
- la présence de masques proches et lointains éventuels (ombres portées sur les capteurs).

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 16).

L'inclinaison optimale du capteur dépend du type d'utilisation de l'installation solaire. Pour la production d'eau chaude sanitaire (besoin annuel), l'inclinaison optimale est la latitude du lieu à laquelle l'installation se trouve (autour de 45° en France). Néanmoins, la fourchette pour l'inclinaison tolérable est étendue. Entre 30 et 60°, les

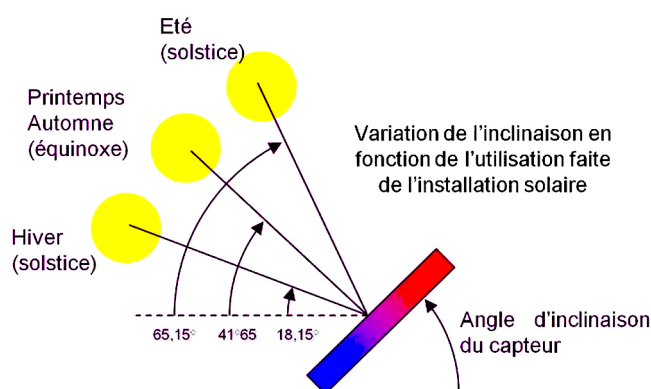
performances ne sont que peu touchées. Pour des inclinaisons autres, une étude est nécessaire.

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).



Quand les capteurs sont disposés en toiture, ils doivent respecter la pente du toit afin de limiter la prise au vent et l'accumulation des charges de neige.

Dans le cas de chauffe-eau solaire individuel, quelles que soient les régions, la pente du toit s'il est bien orienté est adaptée.



▲ Figure 16 : 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')



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

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 (sud dans notre cas), 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.



Dans le cas d'une implantation verticale ou horizontale, des conditions pas très favorables en orientation et inclinaison, l'utilisation de certains capteurs sous-vide peut permettre de réduire cet impact. Néanmoins, il est important de rappeler que l'utilisation de ce type de capteur requiert des compétences spécifiques.

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. La zone d'implantation des capteurs n'existant pas au moment de l'étude, il convient de réaliser l'étude des masques par des calculs de tangente, à partir des plans de masse, des plans d'élévation de façade et des relevés fait sur le site pour tous les autres masques proches ou lointains.



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 CESI

Le choix du type de CESI 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 CESI, le ratio communément admis est de 50 à 100 litres par m² de capteurs plans vitrés. Le volume du ballon est généralement compris entre 150 et 300 litres. L'emprise au sol est généralement d'environ 1 m² (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 °C à $+120\text{ °C}$;
- pour les purgeurs d'air en sortie de capteurs (si présents), la plage de température de fonctionnement considérée est généralement de -10 °C à au moins 150 °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 manipulation des capteurs et de leurs accessoires ainsi que la nécessité d'utiliser de nombreux outils.

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. La présence de plusieurs corps d'état peut amener à une utilisation partagée des équipements de sécurité. La responsabilité propre de chaque entrepreneur reste engagée, mais par souci d'optimisation cette utilisation conjointe et responsable doit être envisagée. Voir la fiche INRS FD137.

5.5. • Exemple de fiche pratique

On donne (Figure 17), une fiche rappelant les contraintes spécifiques liées à l'installation d'un CESI. L'ensemble des points cités doivent être vérifiés sur plan ou auprès des futurs usagers.

VALIDATION DE LA SOLUTION TECHNIQUE		Date :
Coordonnées entreprise :	Coordonnées client :	
Ets :	Nom :	
Adresse :	Adresse :	
CP + ville :	CP + ville :	
Type de bâtiment :	Résidence : principale <input type="checkbox"/>	Secondaire <input type="checkbox"/>
Configurations		
Emplacement possible des capteurs :		



Choix : (mettre lettre correspondante)		• Espace disponible pour les capteurs :	
		Hauteur (h) : _____ m	
		Largeur (l) : _____ m	
• Type de capteurs :		Plan : <input type="checkbox"/>	Sous-vide : <input type="checkbox"/>
• Type de pose :		Posé : <input type="checkbox"/>	Intégré : <input type="checkbox"/>
• Type de toiture prévue :		– 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 : _____			
• Type de charpente prévue :			
Matériau :		– bois	<input type="checkbox"/>
		– Métal	<input type="checkbox"/>
		– béton	<input type="checkbox"/>
Type :		– charpente traditionnelle	<input type="checkbox"/>
		– charpente industrielle	<input type="checkbox"/>
Ecartement chevrons/pannes		_____m	
• Orientation et inclinaison des capteurs prévues :			
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"/> <input type="checkbox"/> 30° <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 45° <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 60° <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 75° <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 90° <input type="checkbox"/>			
Exposition prévue : Exposition du bâtiment vis à vis du vent (pour chaînage éventuel)		Faible	<input type="checkbox"/>
		Moyenne	<input type="checkbox"/>
		Forte	<input type="checkbox"/>
• L'isolation prévue :			
– 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"/>	



• L'écran de sous toiture prévu :									
– Ecran souple	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>					
– Ecran rigide	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>					
• La ventilation prévue :									
– lame d'air	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>					
– Volume du comble	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>					
• Les orifices de ventilation prévus :									
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"/>					
• Système d'appoint prévu :									
	Chaudière	Pompe à chaleur	Chauffage divisé	Autres					
Energie (gaz nat., fuel...):		électricité							
Type :									
<input type="checkbox"/>	<i>(Condensation, basse température, standard)</i>	<i>(basse température, haute température)</i>	<i>(convecteur électrique, insert, poêle, ...)</i>						
Puissance appareil:		___ kW		___ kW					
• Si appoint à fournir :									
Energie(s) disponible(s) :									
Type de conduit de fumée prévu :									
Appoint adapté :	oui	<input type="checkbox"/>	non	<input type="checkbox"/>					
• Local prévu pour recevoir le ballon solaire :									
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): ___					
• Support prévu pour le ballon :									
Type de plancher :									
Peut-il supporter le poids du ballon rempli ?		oui	<input type="checkbox"/>	non		<input type="checkbox"/>			
Bac de rétention nécessaire ?		oui	<input type="checkbox"/>	non		<input type="checkbox"/>			
Raccordement à l'égout possible ?		oui	<input type="checkbox"/>	non		<input type="checkbox"/>			
• Chantier :									
Accès :		facile	<input type="checkbox"/>	difficile		<input type="checkbox"/>			
Stockage matériel possible sur site :		oui	<input type="checkbox"/>	non		<input type="checkbox"/>			
Si oui, à quel endroit?									
• Travaux en hauteur :									
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"/>			



• Long. tuyaux entre capteurs et réservoirs :											
<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											
• Long. câbles entre appareils électriques de l'installation solaire et armoire électrique :											
<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											
• Armoire électrique prévue :											
Espace disponible :		suffisant		<input type="checkbox"/>	insuffisant		<input type="checkbox"/>				
Tension disponible :		Mono <input type="checkbox"/>		Tri <input type="checkbox"/>							
Puissance disponible : ____kW											
Protection différentielle adaptée prévue pour l'appoint électrique :				oui	<input type="checkbox"/>	non	<input type="checkbox"/>				
Protection de ligne prévue adaptée :				oui	<input type="checkbox"/>	non	<input type="checkbox"/>				
Liaison équipotentielle fiable prévue :				oui	<input type="checkbox"/>	non	<input type="checkbox"/>				
• 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 17: Fiche de pré-diagnostic pour l'installation d'un CESI

ESTIMATION DES CONSOMMATIONS D'EAU CHAUDE SANITAIRE

6



L'étude des caractéristiques de l'installation d'eau chaude sanitaire prévue permet d'évaluer les besoins à couvrir et de déterminer les principales caractéristiques des produits à mettre en œuvre.

L'étude réglementaire donne la consommation conventionnelle. La quantité d'eau chaude sanitaire est calculée en fonction de la surface en m² habitable. Donc si le logement comprend plus d'occupants au m² (plus d'habitants pour un plus petit logement) ou juste des occupants qui consomment plus d'eau chaude que la moyenne, la consommation réelle sera plus élevée que la consommation conventionnelle.

Commentaire

Le but d'une méthode conventionnelle est d'évaluer la performance intrinsèque du bâtiment ou du logement, en faisant abstraction des variations climatiques et des occupants. Cela permet de comparer sur les mêmes bases deux logements ou deux bâtiments. Les données conventionnelles d'occupation utilisées dans les calculs représentent un comportement standard moyen.

Le surdimensionnement est un défaut trop souvent rencontré sur les installations de production d'eau chaude sanitaire solaire.

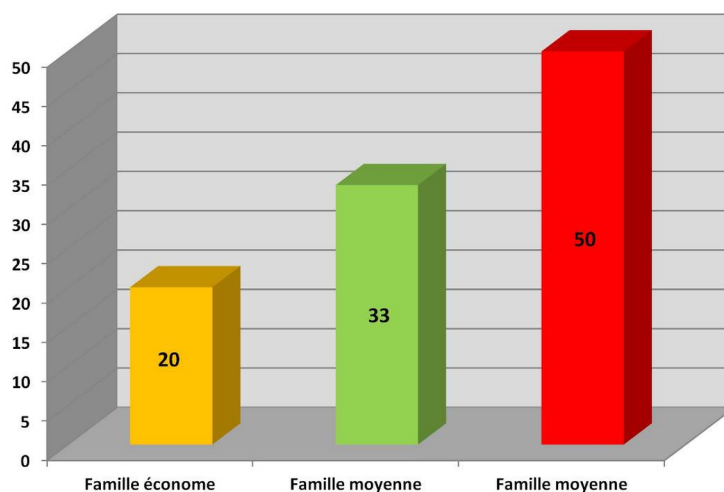
Commentaire

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

Les relevés, à partir de la fiche proposée en (Figure 19), permettent d'estimer au mieux les consommations d'eau chaude sanitaire. Elle est à remplir à partir des plans et d'un entretien avec les futurs usagers. La base d'un bon dimensionnement doit reposer sur une estimation précise de la consommation d'ECS. Contrairement aux idées reçues, l'exercice n'est pas toujours aisé. On donne (Figure 18) des ratios de



consommations d'ECS à 50°C. Ils sont donnés pour différents profils de puisage. Ils sont exprimés en litre par jour et par personne.



▲ Figure 18 : Consommations d'ECS en l/j.personne à 50°C pour différentes catégories d'utilisateurs

Des précautions sont à prendre si on utilise les ratios de la (Figure 18). Les habitudes de vie doivent être préalablement analysées. Cette analyse peut s'appuyer notamment sur le nombre et le type d'occupants (femmes, hommes, enfants), sur la capacité à recevoir du logement (cas par exemple de retraités dans une maison de trois chambres), sur un état des lieux des pièces destinées à la toilette et de leurs équipements (douches simple ou multi-jets, baignoire), sur les factures de consommation, sur une analyse au fil du temps de l'occupation du logement.

Lors de l'estimation des consommations d'ECS, il est important d'intégrer autant que possible les consommations d'eau chaude des divers appareils électroménagers (lave-linge, lave-vaisselle,...). En effet, des économies d'énergie non négligeables peuvent être réalisées sur ces postes sachant par exemple qu'un lave-vaisselle peut consommer entre 15 et 25 litres d'eau chaude à 60°C au cours d'un cycle de lavage.

Lorsque l'ECS solaire peut alimenter des appareils électroménagers, il faut prévoir un limiteur de température en entrée de ceux-ci ou préconiser un modèle prévu initialement avec une entrée eau froide et une entrée eau chaude.

Les relevés, à partir de la fiche proposée en (Figure 19), permettent d'estimer au mieux les consommations d'eau chaude sanitaire. Il est à remplir à partir des plans et d'un entretien avec les futurs usagers.



Relevés pour l'estimation des consommations d'eau chaude sanitaire												
Nombre d'utilisateurs :	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	Plus		
Potentiel d'accueil (personnes)	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	Plus		
	Fréquence (nombre de jours/an) :											
	Période (pas de règle, été, hiver...) :											
Points de puisage (*si alimentés en eau chaude)	Cuisine :	<input type="checkbox"/> Évier			<input type="checkbox"/> *Lave-vaisselle			<input type="checkbox"/> *Lave-linge				
	Cellier :	<input type="checkbox"/> Évier			<input type="checkbox"/> *Lave-linge			<input type="checkbox"/> Autre				
	Garage :	<input type="checkbox"/> Évier			<input type="checkbox"/> *Lave-linge			<input type="checkbox"/> Autre				
	Sous-sol :	<input type="checkbox"/> Évier			<input type="checkbox"/> *Lave-linge			<input type="checkbox"/> Autre				
	WC1	<input type="checkbox"/> Lavabo										
	WC2	<input type="checkbox"/> Lavabo										
	Salle de bain 1 :	<input type="checkbox"/> Lavabo (<input type="checkbox"/> 1, <input type="checkbox"/> 2)				<input type="checkbox"/> Douche		<input type="checkbox"/> Baignoire		<input type="checkbox"/> Balnéo		
	Salle de bain 2 :	<input type="checkbox"/> Lavabo (<input type="checkbox"/> 1, <input type="checkbox"/> 2)				<input type="checkbox"/> Douche		<input type="checkbox"/> Baignoire		<input type="checkbox"/> Balnéo		
Consommation d'eau chaude (litres / pers. / jour)	<input type="checkbox"/>	20	<input type="checkbox"/>	33	<input type="checkbox"/>	40	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	60	<input type="checkbox"/>	Autre :
Consommation d'appareil électroménager à prévoir	Lave-linge :		<input type="checkbox"/>		Lave-vaisselle :		<input type="checkbox"/>		Autre :		<input type="checkbox"/>	

▲ Figure 19 : Exemple de fiche de relevés pour l'estimation des consommations d'ECS de l'installation prévue



CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL

7



Le dimensionnement et la sélection d'un CESI peut être réalisé par l'installateur de façon simple. Ils reposent sur un certain nombre de critères présentés ici.

7.1. • 1^{er} critère : choix de la configuration du CESI

La configuration du CESI est choisie à l'aide du tableau de la (Figure 20) en fonction du type de chauffage prévu et de la place disponible :

Constat	Type de production	Solution proposée
Place réduite	Production hydraulique (toutes énergies)	Ballon biénergie "solaire et hydraulique" Ballon triénergie "solaire, hydraulique et électrique"
	Production divisée (convecteurs électriques, poêle bois ^(*))	Ballon biénergie "solaire et électricité" Ballon triénergie "solaire, bois et électricité"
Place disponible	Production hydraulique ou divisée	Ballon solaire seul avec appoint (hydraulique ou électrique) séparé Ballon biénergie "solaire et hydraulique" Ballon biénergie "solaire et électricité" Ballon triénergie "solaire, hydraulique et électrique" Ballon triénergie "solaire, bois et électricité"

^(*) Les inserts, les poêles ou les cuisinières peuvent tous faire l'objet d'un récupérateur intégré de chaleur à eau (appelé « bouilleur ») conformément à leurs normes respectives de fabrication. L'appareil à bouilleur produit de la chaleur transmise à de l'eau de chauffage pouvant éventuellement servir à chauffer un ballon de stockage pour la préparation de l'eau chaude sanitaire. Pour plus d'informations, se référer aux recommandations « les appareils divisés à bûches » et les appareils divisés à granulés ».

▲ Figure 20 : Choix de la configuration du CESI



7.2. • 2^{ème} critère : volume du ballon de stockage solaire

La consommation d'eau chaude sanitaire est en moyenne 33 litres par jour et par personne à 50°C. Cette consommation dépend beaucoup des habitudes de vie. Le volume nécessaire pour le ballon peut être calculé en fonction du type de famille défini dans le graphique donné (Figure 22) et du nombre de personnes.

Commentaire

Le chauffe-eau solaire peut être directement raccordé à un lave-vaisselle et/ou lave-linge prévu à cet effet. Il convient par conséquent de tenir compte de leur consommation journalière respective pour définir le volume total du ballon.

Après avoir déterminé la consommation d'eau chaude des usagers, le volume du ballon peut-être défini grâce au tableau donné (Figure 21) selon le type de ballon.

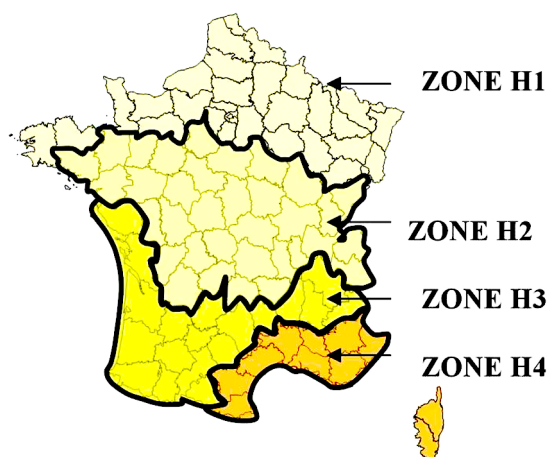
Type de ballon	Volume du ballon
Ballon solaire vertical ^(*)	1 x la consommation journalière d'ECS
Ballon biénergie avec appoint hydraulique ou appoint électrique tout au long du jour (HP)	1,5 x la consommation journalière d'ECS
Ballon biénergie avec appoint électrique la nuit (HC)	2 x la consommation journalière d'ECS

^(*) Si le ballon solaire est horizontal, le volume est supérieur à la consommation journalière d'eau chaude sanitaire.

▲ Figure 21: Choix du volume du ballon solaire

7.3. • 3^{ème} critère : zone climatique concernée

La surface de capteurs à mettre en œuvre est fonction du volume du ballon de stockage solaire et de la zone climatique. La (Figure 22) définit ces zones climatiques.



▲ Figure 22 : Définition des 4 zones climatiques

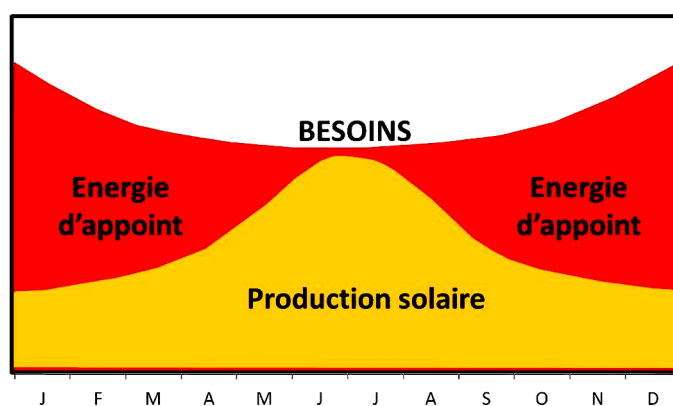


7.4. • 4^{ème} critère : le taux de couverture

Le taux de couverture est la part des besoins annuels en énergie couverts par l'énergie solaire. Un taux de couverture annuel compris entre 50 et 70 % est en général un bon compromis économique. L'exemple donné (Figure 23) montre qu'en juillet le taux de couverture est de 100 % et en décembre de 25 %. Le taux de couverture annuel est d'environ 60 %.

Commentaire

On recherche rarement le taux de couverture maximal, car ce sont les derniers mètres carrés de capteurs qui produisent le moins, donc qui ont l'amortissement le plus faible.

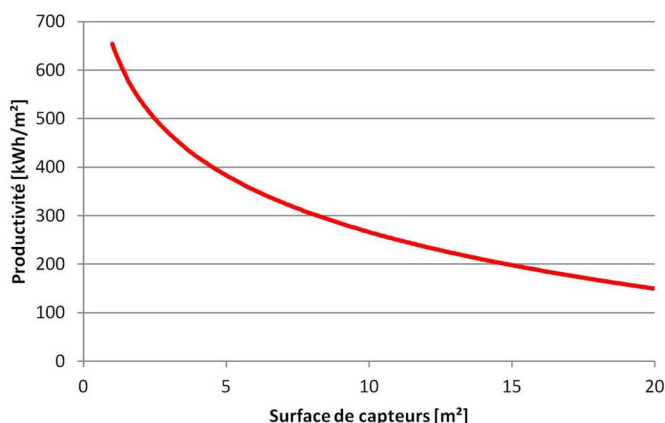


▲ Figure 23 : Evolution de la production solaire au long de l'année

7.5. • 5^{ème} critère : productivité solaire

C'est la production annuelle d'énergie solaire ramenée au mètre carré de capteurs installés exprimée en kWh/m².an. La (Figure 24) illustre l'évolution de la productivité en fonction de la surface de capteurs installée. Pour un même besoin d'eau chaude sanitaire, plus la surface de capteurs est importante, plus la productivité solaire est faible.

La productivité solaire de l'installation doit être suffisante pour justifier la mise en place d'un CESI. Une productivité annuelle comprise entre 400 et 500 kWh/m².an (suivant la région climatique) est un bon compromis économique.



▲ Figure 24 : Influence de la surface de capteurs sur la productivité solaire



Attention au surdimensionnement :

- tendre vers un taux de couverture important conduit à l'implantation d'une surface de capteurs importante et donc à un surdimensionnement de l'installation ;
- un surdimensionnement génère une faible augmentation de la chaleur solaire pour un surcoût important et des contraintes techniques techniques à gérer ;
- préférer sous dimensionner les besoins en ECS ;
- privilégier une production solaire maximale en kWh par m² de capteurs au taux de couverture des besoins en ECS.

7.6. • 6^{ème} critère : la surface de capteurs

Afin de réaliser une première évaluation de la taille de l'installation, le ratio du volume solaire et de la surface de capteurs peut être compris entre 45 et 75 litres par m² de capteurs. On donne (Figure 25) les ratios à utiliser selon la zone climatique :

Zone climatique	Volume solaire / Surface de capteurs (en litre/m ²) (*)
I1	45
I2	55
I3	65
I4	75

(*) Pour un taux de couverture d'environ 55 % avec des besoins d'eau à 50°C.

▲ Figure 25 : Ratio volume solaire/surface de capteurs en fonction de la zone climatique

L'utilisation de logiciels permet d'affiner ces résultats. Les tableaux donnés (Figure 26) et (Figure 27) donnent la surface de capteurs solaires à mettre en œuvre en fonction du nombre de personnes, du type et du volume du stockage solaire. Ils sont donnés pour des consommations de 35 et 50 litres à 50 C par jour et par personne.



	Nombre de personnes						
	2	3	4	5	6	7	10
Consommation en litres/jour							
	70	105	140	175	210	245	350
Volume du ballon solaire (sans appoint intégré) en litres							
	100	100	150	200	200	250	400
Volume du ballon biénergie (avec appoint intégré) en litres							
	150	150	200	250	300	400	500
Superficie d'entrée capteur en m²							
Zone I1	2	2	3	4	4	5 à 5,5	7 à 8
Zone I2	1,5 à 2	2	3	3 à 4	4	5	7
Zone I3	1,5 à 2	2	2,5 à 3	3 à 3,5	4	4 à 5	6 à 7
Zone I4	1,5 à 2	2	2 à 3	2,5 à 3,5	3 à 4	4	5 à 7

▲ Figure 26 : Ratios pour consommation de 35 litres à 50°C par jour et par personne

	Nombre de personnes						
	2	3	4	5	6	7	10
Consommation en litres/jour							
	100	150	200	250	300	350	500
Volume du ballon solaire (sans appoint intégré) en litres							
	100	150	200	250	300	400	500
Volume du ballon biénergie (avec appoint intégré) en litres							
	150	250	300	400	450	500	750
Superficie d'entrée capteur en m²							
Zone I1	2	3	4	5 à 5,5	6 à 6,5	7 à 8	8
Zone I2	2	3	4	5	6	7 à 8	8
Zone I3	2	3	4	5	6	7	8
Zone I4	1,5 à 2	2,5 à 3	3	4	4,5 à 5	5 à 6	7 à 8

▲ Figure 27 : Ratios pour consommation de 50 litres à 50°C par jour et par personne

Les ratios des (Figure 26) et (Figure 27) sont donnés pour des capteurs plans vitrés. L'utilisation de capteurs à tubes sous vide conduit à des surfaces d'ouverture inférieures mais pas nécessairement à des surfaces hors tout très différentes.

Commentaire

L'emploi de capteurs sous vide peut être intéressant pour des raisons d'intégration (pose à l'horizontale ou à la verticale) ou pour compenser un défaut d'inclinaison ou d'orientation.

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.

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 soudobrasage. 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 traversées de parois (parois verticales, planchers et toiture) doivent être rendues étanches pour éviter toutes infiltrations air. Le passage des canalisations (et des équipements électriques) sont les fuites relevées le plus fréquemment dans les bâtiments. Le cheminement des fluides doit être pris en compte dès la phase de conception en définissant les dispositions qui rendront plus simple et moins onéreuse la réalisation de l'étanchéité à l'air. Il faut :

Limitier le nombre de percements du système d'étanchéité à l'air ;

Prévoir un espacement suffisant autour de chaque gaine pour permettre le calfeutrement.

Le dimensionnement des canalisations est réalisé en regard du débit de fluide et des pertes de charge admissibles. 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 m² de capteur, avec une vitesse de circulation inférieure ou égale à 1 m/s. Le diamètre intérieur est donné par la relation suivante :

$$Di = 2 \times \frac{\sqrt{v}}{\sqrt{(\pi \cdot x \cdot q)}}$$

Avec :

- Di : diamètre intérieur de la tuyauterie exprimé en (m)
- v : vitesse du fluide exprimée en (m/s)
- q : débit du fluide exprimé en (m³/s)

Pour un débit de 50 l/h.m² 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 (m²)
- on donne, dans le tableau (Figure 28), les diamètres intérieurs des canalisations en fonction de la surface de capteurs et du débit. Ils sont donnés pour des installations présentant des longueurs de tuyauteries allant jusqu'à 20 mètres aller et retour.



Superficie capteurs	Débit dans les capteurs			
	Haut débit (High-flow) 40 à 70 l/h.m ²		Faible débit (Low-flow) 15 à 30 l/h.m ²	
	Diamètre cuivre	Diamètre inox	Diamètre cuivre	Diamètre inox
Jusqu'à 5 m ²	16x1	16	12x1	12
Jusqu'à 8 m ²	18x1	20	14x1	16

▲ Figure 28 : 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 également 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 λ et du diamètre des canalisations. On donne, dans le tableau (Figure 29), 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

▲ Figure 29 : 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 33) 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.

Commentaire

Les débits de liquide couramment utilisés varient de 40 à 70 l/h par m² de capteur solaire. Dans les capteurs « faible débit ou Low-flow » le débit est plutôt de 15 à 30 l/h et par m².

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.

Il est sélectionné en fonction du débit préconisé dans les capteurs et de la perte de charge totale du circuit.

Commentaire

Les débits de liquide couramment utilisés varient de 40 à 70 l/h par m² de capteur solaire. Dans les capteurs « faible débit ou Low-flow » le débit est plutôt de 15 à 30 l/h et par m².

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 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 040% 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

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. • *Systemes 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.

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

Le système anti-thermosiphon permettant d'éviter l'inversion du sens de l'écoulement peut être mis en œuvre de différentes façons :



Le clapet anti-thermosiphon

Sa conception doit lui permettre d'accepter les hautes températures. Il est posé sur la conduite de retour vers les capteurs. Il doit pouvoir être manœuvré manuellement pour les opérations de maintenance et d'entretien.

Il doit présenter des pertes de charge aussi réduites que possible (< 0,3 m eau).

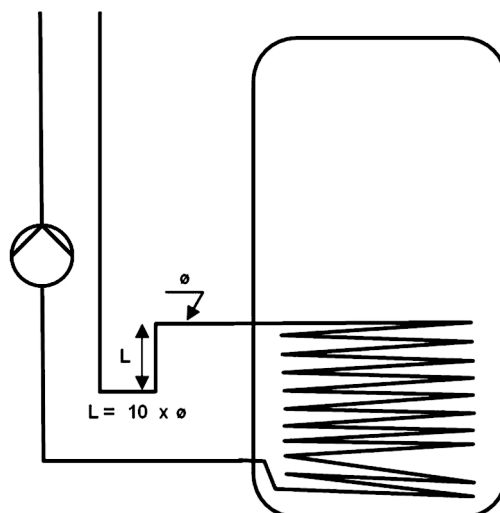
La lyre anti-thermosiphon

La lyre est à réaliser sur le départ du ou des ballons de stockage. 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.

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.

La lyre est à confectionner (10 x le diamètre de la conduite) en entrée de ballon de stockage, là où la température est la plus élevée (Figure 30).



▲ Figure 30 : 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 permettant ainsi un fonctionnement à débit nominal, d'éviter des problèmes de corrosion, de bruit ou de surchauffes.

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 :

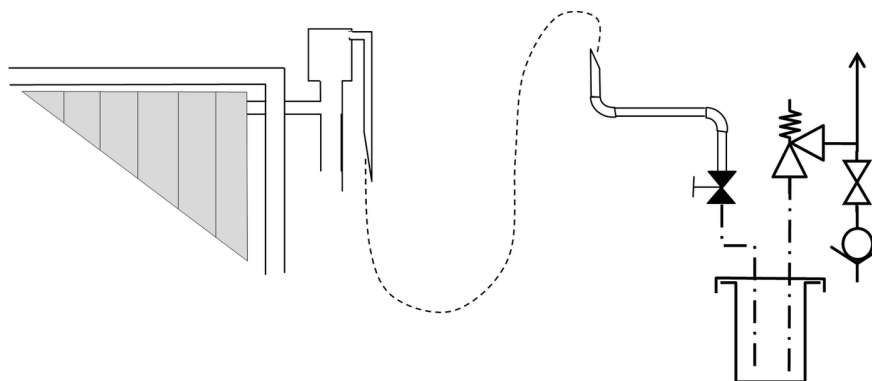
- purge pendant le remplissage initial avec des purgeurs manuels ou automatiques ;
- dégazage sous pression à la mise en service par une pompe électrique à fort débit et d'au moins 40 mètres de hauteur manométrique ;
- élimination des petites bulles d'air pendant les montées en température et le fonctionnement 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, la plage de température de fonctionnement considérée est généralement de -10°C à au moins 150°C . Dans le cas où des purgeurs automatiques sont installés avec vannes d'isolement 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 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 31).



▲ Figure 31 : 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.

8.6. • Vase d'expansion solaire

Un vase d'expansion fermé à pression variable doit être mis en œuvre pour assurer une protection contre les variations de pression dans le circuit hydraulique dues à la montée en température du système.

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.

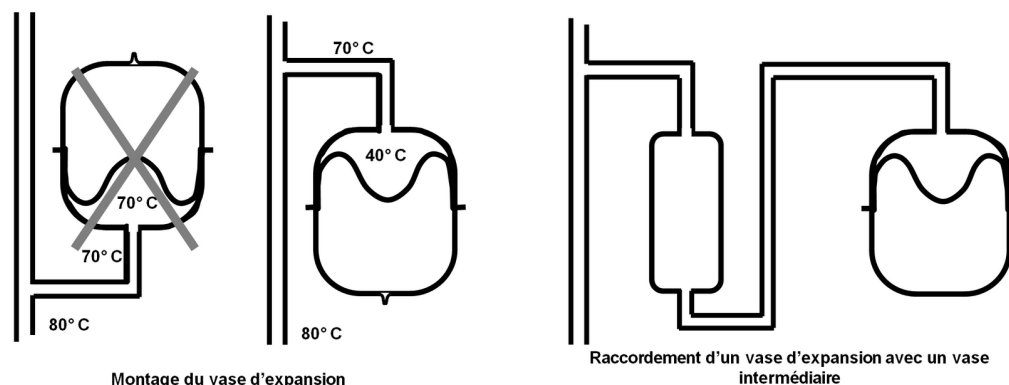
Le vase d'expansion doit pouvoir assurer les fonctions suivantes :

- maintenir la pression dans le circuit ;
- absorber la dilatation ;
- compenser la rétractation ;
- stocker le caloporteur à l'état liquide lors des phases d'évaporation dans les capteurs.

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 °C à +120 °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 °C, les conditions de montage doivent tenir compte de cette contrainte. La (Figure 32) illustre différentes solutions pour le montage et le raccordement du vase d'expansion.



▲ Figure 32 : 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_{gonflage})

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

$$P_{\text{gonflage}} = \frac{H_{\text{statique}}}{10} + 0,3 + P_{\text{vaporisation}} + \Delta p \text{ (enbar)}$$

Avec :

- H_{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
- Δp , 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 33) 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 33 : Pression de vaporisation de l'eau glycolée (pression relative)

Détermination du volume du vase (V_{vase})

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

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

Avec :

- $V_{\text{dilatation}}$ (en litres) : c'est le volume de dilatation. 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 m³)
- $V_{\text{de réserve}}$ (en litres) : c'est le volume de réserve permettant de maintenir la pression en point haut. Une réserve d'eau dans le vase de 0,5% de la contenance du réseau doit être prévue. 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)
- $V_{\text{capteurs} + 10\%}$ (en litres) : c'est le volume du capteur. Il 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 la circulation...). 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 : $V_{\text{capteurs}+10\%} = V_{\text{capteurs}} + (V_{\text{capteurs}} \times 0,1)$

- P_{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_{gonflage} (en bar) : pression de gonflage du vase

Le tableau (Figure 34) donne le coefficient d'expansion en l/m^3 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

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

		Températures ($^\circ\text{C}$)															
		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 34 : Coefficient d'expansion exprimé en l/m^3

On donne à titre d'exemple, dans le tableau (Figure 35), 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 capteurs	Volume du vase d'expansion	Volume de liquide dans le circuit primaire solaire
Jusqu'à 5 m^2	18	De 15 à 20 litres
Jusqu'à 7 m^2	25	De 18 à 30 litres

▲ Figure 35 : 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 et prévenir de la détérioration de l'installation et pour 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.



Elle 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 $+120^{\circ}\text{C}$. 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 vide 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. • *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 (exemple : mélange à base de mono propylène glycol).

Commentaire

Dans le cas d'installations 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 36) 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 36 : Correspondance température de protection et 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%. 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.

Commentaire

Après le remplissage, il faut qu'apparaisse sur l'installation :

- 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 soit en usine (antigel prêt à l'emploi), soit par l'installateur. Dans le cas de l'utilisation d'un liquide caloporteur « non prêt à l'emploi », les préconisations suivantes doivent être respectées :

- le mélange 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 de ce mélange doit être conforme aux préconisations du fournisseur en fonction de la température minimale de la région ;

- le mélange sera réalisé avant l'introduction dans le circuit et contrôlé par une mesure de protection au gel avec un réfractomètre.

Commentaire

L'utilisation d'un liquide caloporteur « prêt à l'emploi » est fortement recommandée. Il est interdit de rejeter à l'égout un fluide 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 antigel sont compatibles avec les matériaux d'étanchéité habituellement utilisés dans la profession.

8.9. • *Dispositif de remplissage, de vidange et de prélèvement*

Il y a lieu de prévoir un dispositif de remplissage et de vidange du circuit hydraulique, qui répondent aux prescriptions suivantes :

- 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 sont munies d'un dispositif d'obturation (bouchon).

La vanne de vidange permet d'effectuer le prélèvement d'un échantillon du liquide caloporteur, sous réserve qu'il soit prélevé dans une canalisation irriguée avec du débit et non sur un bras mort de l'installation.

Une vanne doit être positionnée au point le plus bas de l'installation afin de permettre la vidange complète du circuit et suivant la configuration du circuit et l'emplacement des capteurs (par exemple, posés en terrasse en dessous du ballon de stockage), il faut prévoir un piquage près des capteurs pour assurer une vidange complète de l'installation.

Dans le cadre d'un dégazage avec une pompe électrique, il est nécessaire d'avoir une vanne d'arrêt intermédiaire entre la vanne de remplissage et celle de vidange, permettant d'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.



8.10. • *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.

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

RÉGULATION

9



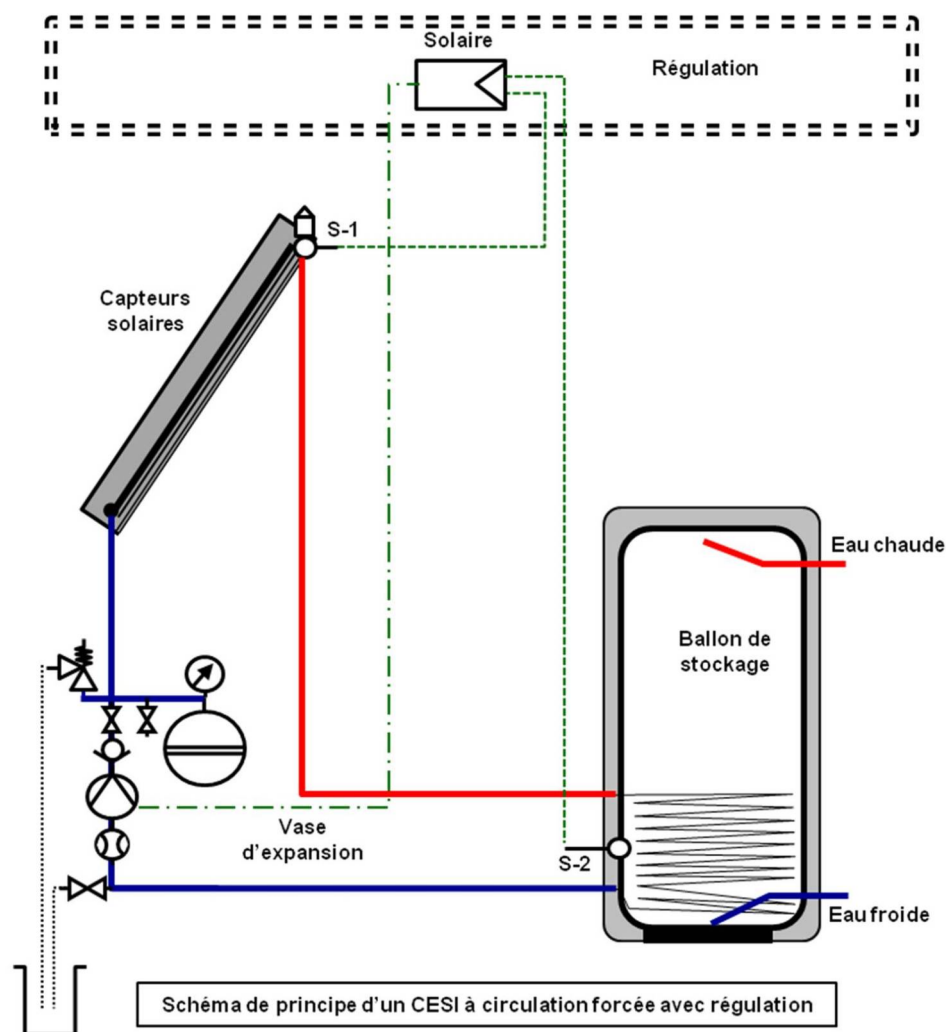
La régulation choisie doit disposer :

- d'une documentation française, claire et complète, détaillant les différentes fonctions et options possibles avec les schémas hydrauliques correspondants ;
- de commandes facilitant la programmation ;
- d'un écran d'affichage permettant une bonne visualisation des fonctions, des réglages possibles, des températures des sondes, de l'état de fonctionnement des différentes sorties ;
- d'un contrôle des défauts de fonctionnement ;
- d'un bornier simple et accessible.

9.1. • *Principe de fonctionnement*

Le principe de base de la régulation d'un CESI est simple. Le rôle du dispositif de régulation est de commander le transfert de l'énergie solaire captée vers le ballon de stockage, seulement si la température du fluide caloporteur dans les capteurs est supérieure à celle de l'eau sanitaire contenue en partie basse du ballon solaire.

La mise en route et l'arrêt de la pompe de circulation sont assurés par un régulateur différentiel en fonction des températures T_b (température au bas du ballon) et T_c (température à la sortie du capteur) représentées sur le schéma simplifié de la (Figure 37).



▲ Figure 37 : Régulateur différentiel en fonction des températures en sortie de capteur et en bas de ballon solaire

La régulation doit intégrer un Différentiel au Démarrage (DD) et à l'Arrêt (DA), basé sur le principe de l'hystérésis. Les valeurs (DD et DA ou DD et hystérésis) sont réglables (voir préconisations fabricants).

La régulation commande le fonctionnement du circulateur en fonction des valeurs relatives des sondes de température sortie capteurs et bas du ballon.

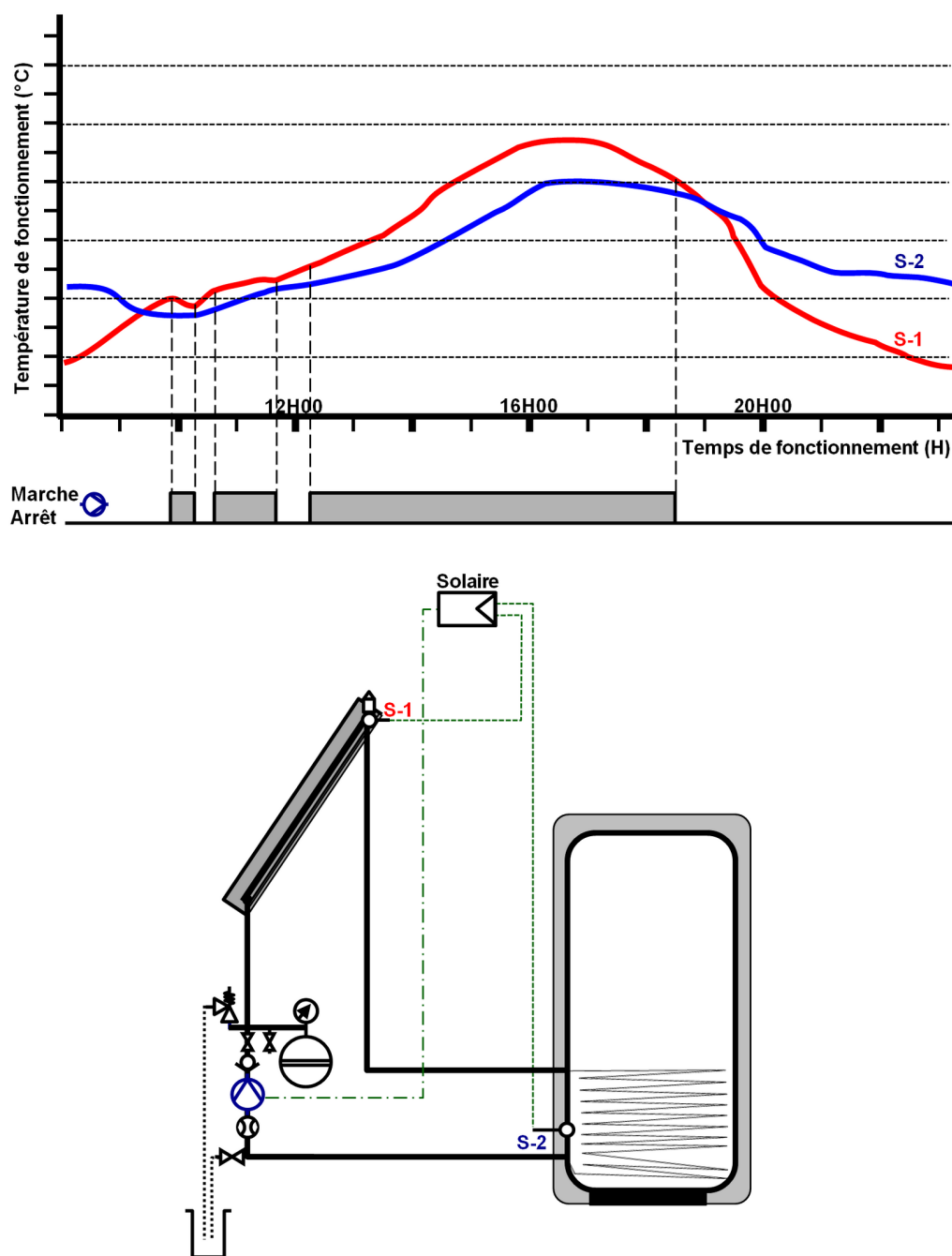
La valeur calculée $DT = T_c - T_b$ est alors comparée aux différentiels d'arrêt et de démarrage :

- le circulateur démarre lorsque $DT > DD =$ différentiel de démarrage ;
- le circulateur s'arrête lorsque $DT < DA =$ différentiel d'arrêt.

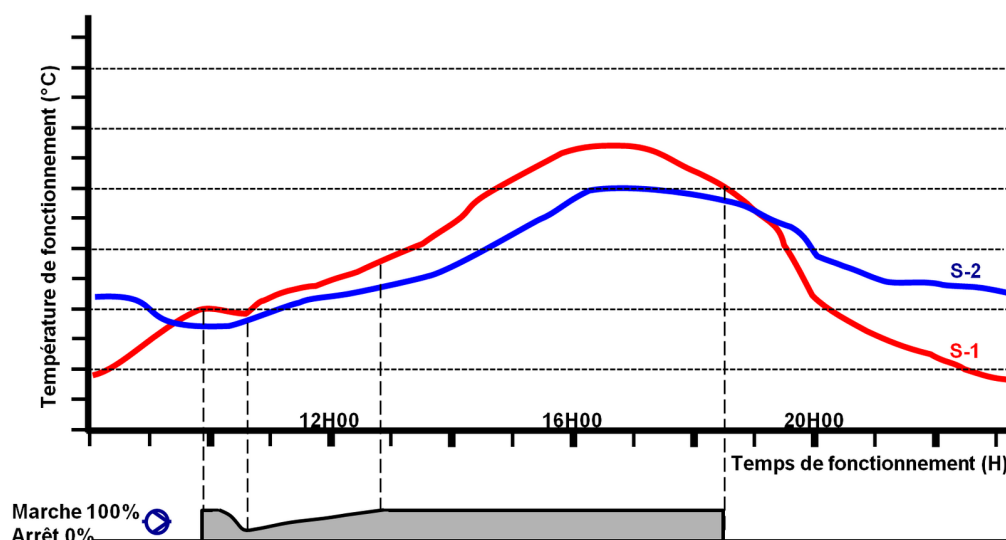
Le circulateur peut être de type :

- tout ou rien (Figure 38), le circulateur est démarré quand le différentiel de démarrage est atteint, il est arrêté quand le différentiel d'arrêt est atteint ;
- à vitesse variable (Figure 39), 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 K) en faisant varier la vitesse du circulateur entre 30 et 100%. Le différentiel d'arrêt est toujours actif suivant le réglage initial.



▲ Figure 38 : Fonctionnement du circulateur en tout ou rien (S1 : sonde chaude du capteur et S2 : la sonde froide du bas de ballon)



▲ Figure 39 : Fonctionnement du circulateur à vitesse variable (S1 : sonde chaude du capteur et S2 : la sonde froide du bas de ballon)

9.2. • Réglages du régulateur : les fonctions les plus fréquentes

9.2.1. • 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.

9.2.2. • 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.



9.2.3. • 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.

9.2.4. • 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 liquide 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.

9.3. • 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 !

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 caténaies, 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.

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.

RACCORDEMENTS ÉLECTRIQUES

10



La mise en œuvre de l'installation doit être réalisée conformément aux prescriptions de la norme NF C 15-100 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.



11

LE STOCKAGE



11.1. • *L'emplacement*

Le ballon de stockage et tous les éléments nécessaires au fonctionnement doivent être installés dans une pièce du volume chauffé de l'habitation ou 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 thermique.

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

La pièce technique recevant l'installation doit être équipée d'une ouverture sur l'extérieur afin de pouvoir assurer une aération durant la période estivale ou les besoins en chaleur sont faibles et l'énergie solaire importante, et par conséquent une température de stockage élevée.

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 plus proche des points d'utilisation desservis (cuisine, salle de bain).

Si il est impossible, de par la configuration des lieux, de satisfaire ces deux conditions, le ballon doit être de préférence installé au plus proche des points d'utilisation.

Lorsque le chauffe-eau est installé dans des combles ou au-dessus de locaux habités, un bac de rétention doit être placé sous le ballon de stockage. Son rôle est d'évacuer l'eau en cas de fuite au niveau du ballon. Ce bac doit être raccordé à l'égout à l'aide d'une canalisation (PVC ou cuivre) de diamètre intérieur minimum de 40 mm. Les bords verticaux du bac de rétention doivent avoir une hauteur minimum de 10 cm.

Dans tous les cas, la mise en œuvre d'un bac de rétention est conforme aux préconisations du fabricant.

11.2. • *L'encombrement*

Le choix du type de CESI 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 (station de régulation, vase d'expansion notamment) ;
- pour une maintenance ultérieure aisée (changement de l'anode, nettoyage de la résistance électrique).

Pour les CESI, le ratio communément admis est de 50 à 100 l par m² de capteurs plans vitrés.

Il faut s'assurer que la résistance mécanique des éléments porteurs recevant le ballon est suffisante pour supporter la surcharge (plancher, dalle, carrelage,...).

Commentaire

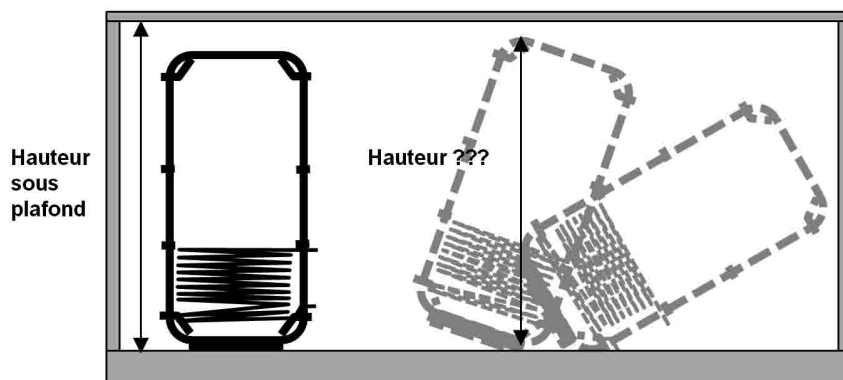
On peut prévoir une plaque de la dimension du ballon permettant une meilleure répartition du poids sur le plancher. Dans tous les cas, seul un calcul de structure peut permettre d'assurer la tenue du plancher.

Le ballon doit être 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 suffisante. Elle doit permettre un accès aux éléments situés sur le dessus du ballon de stockage.

Comme vu à la (Figure 40), la concordance entre la hauteur sous plafond et la longueur de la diagonale du ballon doit être vérifiée afin de permettre de redresser le réservoir lors de sa mise en place.

Les ouvrants tels que les fenêtres, les portes-fenêtres ainsi que les ventilations prévues ne doivent pas être perturbés et garder leur fonctionnalité première.



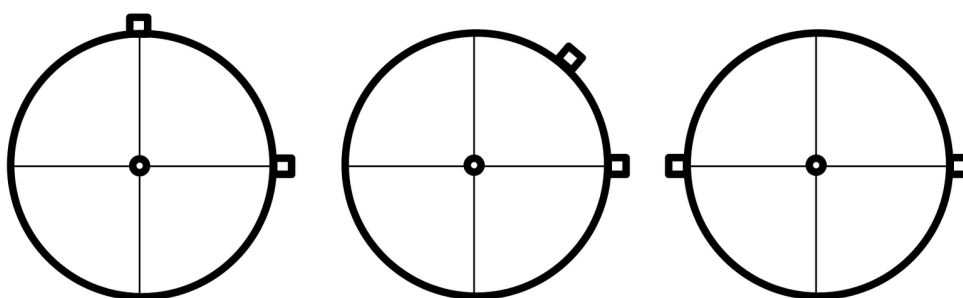
▲ Figure 40 : Contrôle de la diagonale du réservoir

11.3. • L'accessibilité

La largeur des passages doit être prise en compte pour les accès et évacuation éventuelle du gros matériel. L'idéal est un accès direct depuis l'extérieur.

11.4. • Les réservations

Les réservations à prévoir doivent tenir compte de la conception des ballons, de la position et du nombre de piquages, de l'emplacement dans le local, des arrivées et départs de canalisations ainsi que de tous les accessoires nécessaires au bon fonctionnement. La (Figure 41) illustre différentes configurations de positionnement des piquages.



▲ Figure 41 : Différentes configurations de positionnement des piquages (vue de dessus)

11.5. • La stratification

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

A volume identique, on préfère un réservoir plus haut et plus étroit. Ses dimensions déterminent sa capacité à stratifier : un rapport

minimum hauteur sur diamètre de 2 ou mieux de 3 doit être respecté. Si ce rapport minimum n'est pas respecté, on constate l'absence de stratification entre le bas et le haut du réservoir et donc des températures à l'entrée des capteurs solaires plus élevées.

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, internes ou externes au ballon, qui permettent d'augmenter ce phénomène de mouvement de chaleur vers le haut du réservoir.

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

11.6. • *Les déperditions du ballon*

Les déperditions thermiques des ballons de stockage ne sont pas négligeables. Une isolation de qualité doit être mise en œuvre avec beaucoup de soin.

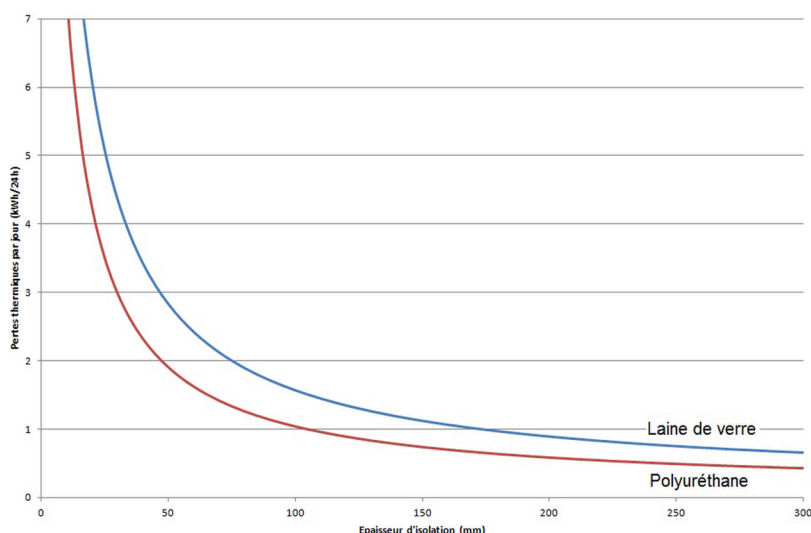
La (Figure 50) montre l'évolution des pertes thermiques d'un volume tampon de 300 litres (rapport hauteur sur diamètre de 3) entièrement calorifugé pour un écart de température entre l'eau et l'ambiance de 40 K en fonction de l'épaisseur d'isolant.

Les calculs sont effectués pour deux isolants courants :

- la laine de verre (conductivité de 0,038 W/(m.K) ;
- le polyuréthane (conductivité de 0,025 W/(m.K)).

Comme on le constate sur la (Figure 42), une épaisseur d'isolant de 100 mm semble constituer un optimum. Pour cette épaisseur, les pertes journalières sont d'environ 1,5 kWh pour de la laine de verre et d'environ 1 kWh pour du polyuréthane, soit un écart conséquent entre ces deux isolants.

Il est donc conseillé de calorifuger le volume tampon avec une épaisseur d'isolant de 100 mm et de préférer le polyuréthane à la laine de verre.



▲ Figure 42 : Evolution des pertes thermiques journalières d'un volume tampon de 300 litres avec un rapport hauteur sur diamètre de 3 en fonction de l'épaisseur d'isolant pour de la laine de verre et du polyuréthane (pour un écart de température de 40 K entre l'ambiance et l'eau)

Toute la surface du stockage doit être calorifugée. En effet, les pertes thermiques peuvent être multipliées par trois si le fond du volume tampon n'est pas isolé (par rapport au même volume entièrement calorifugé). Les supports de pose du stockage doivent être isolés du sol (patins, supports en matériaux conducteurs,...). Les raccords connectés et les bouchons dans le cas où ils ne sont pas utilisés doivent être isolés.

Les températures élevées que le réservoir de stockage peut atteindre en période estivale (environ 85°C) limitent l'utilisation de certains matériaux isolants.

On rencontre différentes techniques :

- l'isolation en mousse de polyuréthane, 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.

11.7. • Raccordements

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 pourra 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.

Les canalisations en acier galvanisé ne sont pas autorisées.

Concernant le raccordement d'eau sanitaire, selon la NF C15-100, « 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. L'écoulement doit être raccordé à l'égout.

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.



RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

CHAUFFE-EAU SOLAIRE
EN HABITAT INDIVIDUEL

JUILLET 2013

NEUF

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 chauffe-eau solaire individuel (CESI) dans l'habitat individuel conforme à la réglementation thermique actuelle.

Les différentes solutions techniques et les schémas hydrauliques types associés sont présentés. Une démarche simple et concrète est proposée pour vérifier le dimensionnement et la sélection du CESI adapté à l'installation souhaitée. La fonction, les critères de choix des matériaux et les bonnes pratiques pour le dimensionnement de chacun des composants nécessaires au bon fonctionnement de l'installation solaire sont exposés.

Ces Recommandations professionnelles se veulent pratiques, avec 57 pages richement illustrées (42 schémas et dessins) et la mise à disposition de fiches concrètes telles que :

- une fiche pour la validation de la solution technique, rappelant les spécificités d'une solution solaire pour la production d'eau chaude sanitaire ;
- une fiche de relevés, permettant d'estimer au mieux les consommations d'eau chaude sanitaire des futurs usagers.



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

