



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

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

**PRODUCTION D'EAU CHAUDE
SANITAIRE COLLECTIVE
CENTRALISÉE SOLAIRE**

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

SEPTEMBRE 2015

NEUF-RENOVATION

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 | 8 |
| 2.1. • Références réglementaires..... | 8 |
| 2.2. • Références normatives..... | 9 |
| 2.3. • Autres documents..... | 12 |
| 3 - Définitions | 13 |
| 4 - Description des systèmes | 16 |
| 4.1. • Principe général..... | 16 |
| 4.2. • Les installations solaires collectives avec capteurs remplis en permanence..... | 17 |
| 4.3. • Les installations solaires collectives autovidangeables | 17 |
| 4.4. • Les installations solaires collectives avec échangeur immergé et appoint intégré..... | 18 |
| 4.5. • Les installations avec échangeur immergé et appoint séparé..... | 19 |
| 4.6. • Les installations avec échangeur externe et appoint séparé | 20 |
| 4.7. • Les installations en eau technique | 21 |
| 4.8. • Prévention des risques liés à l'eau chaude sanitaire | 23 |
| 4.8.1. • La protection contre le risque de pollution par retour d'eau | 23 |
| 4.8.2. • La protection contre le risque de pollution par le fluide caloporteur..... | 23 |
| 4.8.3. • Prévenir les risques de brûlure..... | 24 |
| 4.8.4. • Prévenir les risques liés aux légionelles..... | 25 |
| 5 - Validation de la solution technique | 28 |
| 5.1. • Justifier de consommations d'eau chaude sanitaire relativement importantes et stables | 28 |
| 5.2. • Posséder une surface suffisante et optimale..... | 29 |
| 5.2.1. • L'inclinaison | 29 |
| 5.2.2. • L'orientation..... | 30 |
| 5.2.3. • Les masques | 30 |
| 5.3. • Posséder un emplacement suffisant pour recevoir le(s) ballon(s) de stockage solaire(s) | 33 |
| 5.4. • Prendre en compte les spécificités du solaire | 34 |
| 5.5. • Prendre en compte les risques sanitaires..... | 34 |
| 5.6. • Prévoir l'implantation du chantier | 35 |
| 6 - Critères généraux de choix des matériaux utilisés pour l'exécution d'installations solaires | 36 |
| 6.1. • Capteurs solaires..... | 36 |
| 6.2. • Canalisations..... | 36 |
| 6.3. • Isolation thermique..... | 37 |
| 6.4. • Visseries..... | 38 |
| 6.5. • Supportage des tuyauteries..... | 38 |



| | |
|---|----|
| 6.6. • Purgeurs (uniquement pour les installations avec capteurs remplis en permanence) | 39 |
| 6.7. • Organes de réglage | 39 |
| 6.8. • Liquide caloporteur..... | 39 |
| 6.9. • Dispositifs d'expansion (uniquement pour les installations avec capteurs remplis en permanence)..... | 40 |
| 6.10. • Soupape de sécurité | 40 |
| 6.11. • Pompe de circulation..... | 40 |
| 6.12. • Joints..... | 41 |
| 6.13. • Echangeur de chaleur | 41 |
| 6.14. • Ballons de stockage solaire..... | 41 |

7 - Estimation des consommations d'eau chaude sanitaire..... 43

| | |
|--|----|
| 7.1. • Les besoins d'eau chaude sanitaire dans l'habitat..... | 44 |
| 7.2. • Les besoins d'eau chaude sanitaire dans les établissements de santé | 45 |
| 7.3. • Les besoins d'eau chaude sanitaire dans l'hôtellerie | 46 |
| 7.4. • Les besoins d'eau chaude sanitaire dans les campings..... | 46 |

8 - Conception et dimensionnement : principes généraux 47

| | |
|--|----|
| 8.1. • Les points clés du prédimensionnement | 47 |
| 8.1.1. • 1er critère : estimation des consommations d'ECS..... | 47 |
| 8.1.2. • 2ème critère : définition du volume du ou des ballon(s) de stockage solaire | 48 |
| 8.1.3. • 3ème critère : estimation de la surface de capteurs solaires | 48 |
| 8.1.4. • 4ème critère : taux de couverture | 49 |
| 8.1.5. • 5ème critère : productivité solaire..... | 50 |
| 8.2. • Le dimensionnement optimal..... | 52 |

9 - Conception et dimensionnement de la boucle transfert solaire..... 54

| | |
|--|----|
| 9.1. • Raccordement hydraulique des capteurs..... | 54 |
| 9.2. • Dispositif d'équilibrage | 55 |
| 9.3. • Canalisations | 56 |
| 9.4. • Isolation thermique..... | 57 |
| 9.5. • Vannes d'isolement..... | 58 |
| 9.6. • Système de purge et dégazage (cas des installations avec capteurs remplis en permanence)..... | 58 |
| 9.7. • Système d'expansion (cas des installations avec capteurs remplis en permanence) | 59 |
| 9.7.1. • Détermination de la pression de gonflage | 59 |
| 9.7.2. • Détermination du volume du vase..... | 60 |
| 9.8. • Soupape de sécurité | 61 |
| 9.9. • Pompe de circulation..... | 62 |
| 9.10. • Système évitant l'inversion du sens d'écoulement (cas des installations avec capteurs remplis en permanence) | 65 |
| 9.11. • La protection contre le gel | 66 |
| 9.12. • Dispositif de remplissage, de vidange et de prélèvement | 67 |
| 9.13. • Instruments de mesure et de contrôle | 68 |
| 9.14. • L'échangeur solaire | 68 |
| 9.15. • Cas des installations autovidangeables | 70 |
| 9.15.1. • Capteurs solaires..... | 71 |
| 9.15.2. • Pénétrations | 71 |
| 9.15.3. • Raccordement hydraulique des capteurs | 71 |
| 9.15.4. • Raccords | 72 |



| | |
|--|----|
| 9.15.5. •Vannes d'équilibrage | 72 |
| 9.15.6. •Purges d'air, séparateurs d'air..... | 72 |
| 9.15.7. • Protection contre le gel..... | 72 |
| 9.15.8. •Système d'expansion | 73 |
| 9.15.9. • Soupape de sécurité..... | 73 |
| 9.15.10. •Système évitant l'inversion du sens d'écoulement | 73 |
| 9.15.11. • Pompe de circulation..... | 73 |
| 9.15.12. • Réservoir de récupération..... | 74 |

10 - Le dispositif de stockage solaire 75

| | |
|--|----|
| 10.1. • Critères de choix des ballons de stockage solaire | 75 |
| 10.2. • Raccordement des ballons de stockage solaire..... | 76 |
| 10.3. • Emplacement du ou des ballons de stockage solaire..... | 77 |
| 10.4. • Accessibilité..... | 78 |
| 10.5. • Réservations..... | 78 |
| 10.6. • Stratification | 78 |
| 10.7. • Isolation du ou des ballon(s) de stockage solaire | 79 |
| 10.8. • Equipements du ou des ballon(s) de stockage solaire..... | 80 |

11 - Conception et dimensionnement du circuit secondaire (cas des installations de type stockage en eau technique)..... 83

| | |
|--|----|
| 11.1. • Retour de la boucle d'eau chaude sanitaire..... | 83 |
| 11.2. • Pilotage du circulateur au primaire de l'échangeur de décharge | 83 |
| 11.3. • Débit du circuit au primaire de l'échangeur de décharge | 84 |
| 11.4. • Détermination de la puissance de l'échangeur de décharge | 86 |

12 - Le système de régulation..... 87

| | |
|--|----|
| 12.1. • Cas des installations avec capteurs remplis en permanence..... | 87 |
| 12.1.1. • Cas des installations avec échangeur immergé..... | 87 |
| 12.1.2. • Cas des installations avec échangeur extérieur | 87 |
| 12.2. • Cas des installations autovidangeables..... | 88 |
| 12.3. • Quelques compléments..... | 89 |
| 12.4. • Cas des installations de type stockage en eau technique..... | 89 |

13 - Conception et dimensionnement de la boucle de distribution..... 91

| | |
|--|----|
| 13.1. • La limitation des températures d'ECS | 91 |
| 13.2. • Le retour du bouclage sanitaire..... | 91 |

14 - Le suivi énergétique..... 96

| | |
|--|-----|
| 14.1. • Contrôle de l'état de fonctionnement de l'installation | 96 |
| 14.2. • Contrôle de bon fonctionnement de l'installation..... | 97 |
| 14.2.1. • Contrôle de bon fonctionnement simplifié | 98 |
| 14.2.2. • Contrôle de bon fonctionnement détaillé | 98 |
| 14.2.3. • Instrumentation..... | 98 |
| 14.3. • Plans de comptage..... | 99 |
| 14.3.1. • CESC à appoint intégré..... | 100 |
| 14.3.2. • CESC à appoint séparé..... | 100 |
| 14.3.3. • CESC en eau technique | 100 |

15 - Raccordements électriques..... 102



Domaine d'application

1



Ces Recommandations professionnelles ont pour objet de fournir les prescriptions techniques pour la conception et le dimensionnement d'installations solaires collectives centralisées destinées au préchauffage de la production d'eau chaude sanitaire, désignées chauffe-eau solaires collectifs centralisés (CESC).

Elles traitent de la conception et du dimensionnement :

- des capteurs solaires thermiques plans vitrés, à circulation de liquide, indépendants sur supports, semi-incorporés ou incorporés en toiture ;
- des différents composants du circuit hydraulique assurant le transfert de chaleur des capteurs solaires vers le réservoir de stockage collectif par l'intermédiaire d'un échangeur intégré ou non au réservoir. La circulation est forcée. Le circuit est autovidangeable ou non ;
- du ou des réservoirs de stockage de l'énergie solaire comportant ou non un dispositif d'appoint ;
- du raccordement du bouclage d'eau chaude sanitaire ;
- de l'échangeur de décharge dans le cas d'une installation de type eau technique ;
- du système de régulation solaire ;
- du système d'appoint pour la production d'eau chaude sanitaire.

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

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

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



2

Références



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 (ERP).
- 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 ».
- Arrêté du 21 juin 1982 relatif à l'approbation de dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (approuvé par l'Arrêté du 25 juin 1980) (ERP)
- 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.
- NF EN 13959 : Clapet anti-pollution du DN 6 au DN 250. Famille E, type A, B, C et D.
- NF DTU 60.1 : Plomberie sanitaire pour les bâtiments.
- NF DTU 45.2 P1-1 : Isolation thermique des circuits, appareils et accessoires de – 80 à + 650°C.
- NF 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 60.11: Août 2013 : Travaux de bâtiment – Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et d'eaux pluviales.
- 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 : Novembre 2008 – Règle N 84 Action de la neige sur les constructions.
- DTU P 06-002 : 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 : Septembre 1993 et NF P 40-201, Gros œuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité.
- DTU 43.1 : Travaux de bâtiment Etanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées avec éléments porteurs en maçonnerie en climat de plaine.
- NF DTU 43.3 : Toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité.





- NF 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

- Production d'eau chaude sanitaire par énergie solaire – Guide de conception des installations solaires collectives – ADEME, Gaz de France, EDF – 2010.
- Schémathèque SOCOL : Production d'eau chaude sanitaire solaire thermique collective – Schémas de Principes.
- Guide pour le commissionnement des installations solaires collectives pour la production d'eau chaude sanitaire – SOCOL – 2015.
- Installation solaire thermique collective – Instrumentation et suivi des performances – SOCOL – Février 2013.
- Tableau de bord de suivi simplifié pour installation solaire thermique collective – SOCOL – 2013.
- Contrat type de suivi simplifié – SOCOL – 2014.
- TélésuiWeb : Dispositif de suivi énergétique des installations solaires (Institut National de l'Energie Solaire, ADEME, Région Rhône Alpes et Conseil Général de la Savoie).
- Maîtrise du risque de développement des légionelles dans les réseaux d'eau chaude sanitaire – Guide Technique CSTB.
- La nouvelle réglementation parasismique applicable aux bâtiments dont le permis de construire est déposé à partir du 1^{er} mai 2011 – Janvier 2011.
- Guide de rédaction du cahier des charges techniques de consultation à destinations de la Maîtrise d'œuvre – Juin 2007 – Guide Technique CSTB.
- Guide d'application de la réglementation parasismique : Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment "à risque normal".

Définitions

3



Générateur d'appoint

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

Volume 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 et la vitre sont planes.

Capteur sous vide

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

Batterie de capteurs

Ensemble de capteurs étroitement raccordés en série, en parallèle ou en série/parallèle et possédant une entrée hydraulique et une sortie hydraulique.

Champ de capteurs

Ensemble de batteries 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.

Boucle de transfert

Circuit comprenant des tuyauteries ou conduits, des pompes ou circulateurs et un échangeur (selon le cas) et servant au transport de la chaleur extraite des capteurs vers le réservoir de stockage.

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 avec capteurs remplis en permanence

Installation dans laquelle les capteurs sont toujours pleins de liquide caloporteur (NF EN ISO 9488). Appelée ainsi par opposition avec une installation autovidangeable.

Installation à circulation forcée

Installation dans laquelle une pompe de circulation est utilisée pour faire circuler le liquide caloporteur dans le(s) capteur(s). Elle peut être autovidangeable ou avec capteurs remplis en permanence.

Installation à circuit indirect, installation avec échangeur immergé ou séparé

Installation solaire dans laquelle un liquide caloporteur autre que l'eau sanitaire circule dans les capteurs solaires. Un échangeur assure une séparation physique entre le circuit rempli de liquide caloporteur et celui d'eau chaude sanitaire. L'échangeur peut être immergé ou extérieur au ballon de stockage solaire.

Chauffe-eau solaire collectif centralisé

Système de production d'eau chaude sanitaire centralisé, où le stockage solaire et l'appoint sont positionnés en chaufferie. Ils assurent la production d'ECS pour un ensemble de points de puisages.

Chauffe-eau solaire collectif centralisé de type stockage en eau technique

Système de production d'eau chaude sanitaire centralisé, où le stockage solaire et l'appoint sont positionnés en chaufferie. Ils assurent la production d'ECS pour un ensemble de points de puisages. L'eau stockée dans le(s) ballon(s) solaire(s) est physiquement séparée du circuit de distribution d'eau chaude sanitaire par le biais d'un échangeur de chaleur.



4

Description des systèmes



4.1. • Principe général

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 de production d'eau chaude sanitaire se compose :

- de capteurs solaires : ils assurent la transformation du rayonnement solaire en chaleur et la transfère au liquide caloporteur ;
- d'une boucle de transfert solaire : elle assure le transport des calories depuis les capteurs solaires vers le ballon de stockage par le biais d'un échangeur de chaleur (incorporé ou non au stockage). Il comporte notamment la pompe de circulation et la régulation associée ;
- d'un ou plusieurs ballons de stockage : ils stockent l'eau chaude sanitaire (ou l'eau technique) en température en vue de sa future utilisation.

Si la boucle de transfert solaire est pressurisée, on parle d'installation avec capteurs remplis en permanence. Si la boucle de transfert solaire est sans ou sous faible pression, on parle d'installation autovidangeable.

Que la boucle de transfert solaire soit pressurisée ou non, les installations peuvent être de type :

- centralisé (production d'appoint et production solaire centralisées) désignées CESC ;
- à appoints individualisés (production solaire centralisée et production d'appoint individualisée) désignées CESCAI ;
- individualisé (production d'appoint et stockages solaires individualisés) désignées CESCI.

Commentaire

De par leurs spécificités de conception, de dimensionnement et de mise en œuvre, les installations de type CESCO sont traitées indépendamment et font l'objet de Recommandations professionnelles spécifiques. Les installations de type CESCO font l'objet quant à elles d'un rapport « Chauffe-eau solaires collectifs à appoints individualisés – Evaluation des risques sanitaires », établi dans le cadre du programme Règles de l'Art Grenelle Environnement.

Dans sa configuration la plus classique, un chauffe-eau solaire collectif comprend un stockage solaire (composé de un ou plusieurs ballons) et un appoint, tous deux centralisés. La taille de l'installation solaire, la fonctionnalité et les dimensions du local technique déterminent :

- le nombre et la capacité des ballons de stockage solaire ;
- le type d'échangeur solaire (échangeur immergé ou externe au ballon de stockage solaire) ;
- l'intégration de l'appoint (intégré ou séparé du ballon de stockage solaire).

Le stockage solaire peut être en eau sanitaire ou en eau technique.

4.2. • Les installations solaires collectives avec capteurs remplis en permanence

Une installation avec capteurs remplis en permanence est une installation pressurisée (ou sous pression) dont la boucle de transfert solaire est en permanence remplie de liquide caloporteur. Le système est mis sous pression pour éviter d'atteindre la température de vaporisation du liquide caloporteur.

Les installations avec capteurs remplis en permanence requièrent la présence de différents éléments assurant notamment la sécurité de l'installation : soupape de sécurité, système d'expansion, purgeurs d'air au niveau des capteurs solaires ou encore système anti-thermosiphon.

4.3. • Les installations solaires collectives autovidangeables

Une installation autovidangeable est une installation sous pression atmosphérique ou sous faible pression. Le circuit est fermé et étanche à l'air. Il est rempli de liquide caloporteur (de l'eau ou de l'eau glycolée selon les prescriptions du fabricant) et d'air définitivement enfermé dans le circuit.

Au cours du fonctionnement normal, quand la pompe de circulation est en fonctionnement, les capteurs solaires sont remplis de liquide caloporteur et l'air du circuit isolé dans un volume de réserve (réservoir de vidange).



Pendant les phases d'arrêt de l'installation (pompe de circulation arrêtée), le liquide caloporteur est piégé dans la partie inférieure de l'installation et l'air dans les capteurs solaires.

Commentaire

Pour des applications collectives, la technique d'autovidange se traduit par l'utilisation d'un volume de réserve de type réservoir de vidange.

L'automatisme de l'ensemble est assuré par une pompe de circulation commandée par une régulation solaire généralement spécifique distinguant les phases d'amorçage (chasse de l'air) et les phases de fonctionnement.

Les installations autovidangeables évitent la présence de vase d'expansion, de purgeurs aux points hauts des batteries de capteurs et du système anti-thermosiphon sur la boucle solaire.

Le professionnel doit considérer les spécificités liées à l'existence du système d'autovidange et notamment : des capteurs et des batteries adaptés, une pente minimale des canalisations entre les capteurs et le réservoir suffisante, une position et une contenance du réservoir de vidange conforme, une étanchéité à l'air de la boucle solaire suffisante, des joints adaptés et une mise en service spécifique (cf. 9.15).

4.4. • Les installations solaires collectives avec échangeur immergé et appoint intégré



Cette configuration, où le solaire et l'appoint se retrouvent dans le même ballon, n'est en général pas optimal. Elle est applicable pour les installations à circuits hydrauliques courts, pour des volumes de stockage d'eau chaude inférieurs ou égal à 1000 litres, ou lorsque l'apport solaire est très majoritaire (par exemple, un camping ne fonctionnant que l'été).

L'appoint, intégré en haut de ballon de stockage solaire, peut être hydraulique ou électrique. Un schéma de principe est proposé en (Figure 1). Cette solution permet au solaire de couvrir en partie les pertes liées au bouclage, y compris hors périodes de soutirage.

Dans le cas d'un appoint hydraulique, l'échangeur en haut de ballon de stockage solaire est raccordé à la chaudière, au réseau de chaleur urbain ou autre. Le boîtier de commande de la chaudière est équipé d'une sonde de température qui permet de contrôler la température en haut du ballon et d'assurer la température demandée en continu.

Dans le cas d'un appoint électrique, le réchauffeur doit se situer entre la moitié et le tiers supérieur du ballon de stockage. Dans tous les

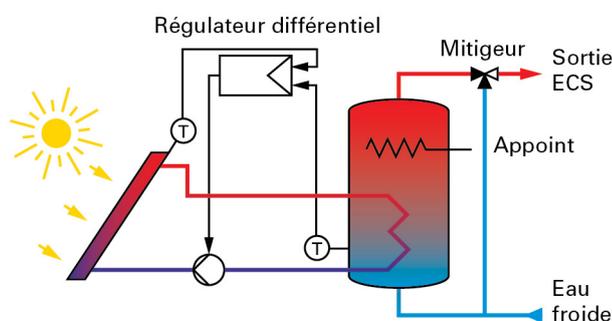


cas, une horloge de programmation, pour commander l'appoint, est indispensable pour une bonne gestion de l'énergie. Attention à avoir un écart entre l'échangeur solaire et l'appoint d'au moins 10 à 15 cm, pour éviter un réchauffage du bas du ballon solaire.

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

Pour ne pas perturber les performances de l'installation solaire, le concepteur doit s'assurer que :

- l'appoint n'est pas raccordé en bas de ballon solaire ;
- le retour du bouclage (si existant) est réalisé en partie haute du ballon solaire ;
- l'arrivée d'eau froide est équipée d'un déflecteur minimisant les brassages lors des soutirages.



▲ Figure 1 : Schéma de principe d'une installation avec échangeur immergé et appoint intégré électrique

4.5. • Les installations avec échangeur immergé et appoint séparé

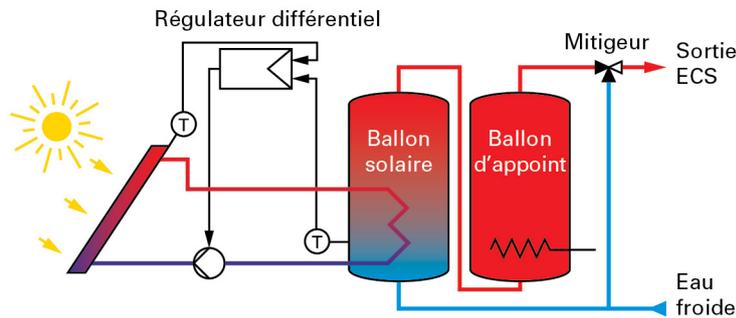
L'installation est équipée de un ou plusieurs ballons de stockage solaire avec échangeur(s) immergé(s) et appoint séparé.

Si plusieurs ballons de stockage solaire sont mis en œuvre, ils sont raccordés en série. Les échangeurs immergés fonctionnent en contre-courant de l'arrivée d'eau froide.

L'appoint est raccordé en série avec le(s) ballon(s) de stockage solaire. Il peut être électrique ou hydraulique. Un schéma de principe est proposé en (Figure 2).

Les deux volumes, solaire et appoint, sont séparés. Aucun mélange entre eux n'est possible : l'appoint ne perturbe pas la stratification du ballon de stockage solaire. Sauf à proposer une installation complexe (mise en œuvre d'une vanne à trois voies directionnelle), cette solution ne permet pas au solaire de couvrir les pertes liées au bouclage hors périodes de soutirage.

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



▲ Figure 2 : Schéma de principe d'une installation avec échangeur immergé et appoint électrique séparé

4.6. • Les installations avec échangeur externe et appoint séparé

On utilise ici un échangeur à plaques situé entre les capteurs et le ballon de stockage solaire. Ce montage permet un démarrage en deux étapes :

- une première étape où le circuit primaire est mis en circulation avec homogénéisation des températures dans les capteurs solaires et dans les canalisations ;
- une seconde étape où le circuit secondaire est mis en service avec transfert d'énergie du circuit primaire au circuit secondaire.

La pompe de circulation secondaire de type « sanitaire » est asservie à celle du primaire.

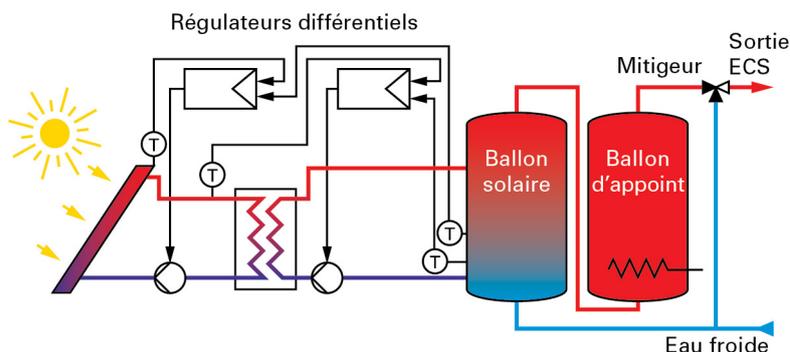
Si plusieurs ballons de stockage sont nécessaires, le volume solaire doit être fractionné en plusieurs ballons.

Il convient de privilégier un ballon solaire unique plutôt que plusieurs ballons raccordés en série afin de minimiser les pertes thermiques de stockage. Même si l'effet est moins important que les pertes de stockage accrues, la circulation dans les deux sens entre les ballons solaires (en fonction des débits relatifs soutirage et solaire) qui est indispensable dégrade partiellement leur stratification.

Lors de la charge des ballons solaires, l'entrée côté secondaire de l'échangeur solaire est raccordée en bas du ballon solaire le plus froid (celui où pénètre l'eau froide lors de soutirages). La sortie côté secondaire de l'échangeur est raccordée à hauteur intermédiaire du ballon solaire le plus chaud (celui où l'eau chaude préchauffée par le solaire est soutirée).

La capacité unitaire des ballons solaires et d'appoint est choisie parmi la gamme d'appareils du commerce en tenant compte de la place disponible et/ou de la hauteur disponible sous plafond pour leur implantation.

La boucle de distribution de l'eau chaude sanitaire doit être conçue de telle sorte que son maintien en température ne soit pas assuré exclusivement par le ballon solaire.



▲ Figure 3 : Schéma de principe d'une installation avec échangeur externe et appoint séparé

4.7. • Les installations en eau technique

Ce type d'installation est préconisé pour les installations collectives dans lesquelles le stockage d'eau sanitaire à température non maîtrisée est déconseillé (établissement de santé et établissements sociaux et médico-sociaux d'hébergement pour personnes âgées).

Commentaire

La circulaire DGS/SD7A/SD5C-DHOS/E4 n°2002/243 du 22/04/2002 relative à la prévention du risque lié aux légionelles dans les établissements de santé et la circulaire n°DGS/SD7A/DHOS/E4/DGAS/SD2/2005/493 du 28/10/2005 relative à la prévention du risque lié aux légionelles dans les établissements de sociaux et médico-sociaux d'hébergement pour personnes âgées conseillent :

- une production instantanée d'eau chaude sanitaire ;
- pour une production d'ECS à partir d'un ballon d'eau chaude, une température de l'eau à la sortie des ballons supérieure en permanence à 55°C et une élévation quotidienne de la température au delà de 60°C ;
- une suppression de tous les réservoirs de stockage d'eau préchauffés ou non à une température inférieure à 55°C. Ils favorisent le développement bactérien. Le concept de récupération d'énergie doit être réétudié pour prendre en compte le risque lié aux légionelles. Les dispositifs par échanges thermiques sont préférés.

Le chauffe-eau solaire collectif de type stockage en eau technique comporte un ou plusieurs ballons collectifs de stockage solaire et un appoint centralisé (de préférence de type instantané pour éviter un stockage sur le circuit d'appoint).

L'eau stockée dans le ballon (eau technique) et réchauffée par le circuit solaire est physiquement séparée du circuit de distribution d'eau chaude sanitaire.

Cette séparation est réalisée par un échangeur à plaques extérieur. Il est mis en œuvre entre le stockage solaire (un ballon tampon rempli



d'eau technique) et l'arrivée d'eau froide sanitaire. Ce type d'installation comprend ainsi trois circuits d'eau chaude :

- le circuit solaire ;
- le circuit « d'eau technique » permettant le stockage de l'énergie récupérée de la boucle solaire ;
- le circuit d'eau froide qui récupère l'énergie au travers d'un échangeur instantané.

On parle d'installation de type « stockage en eau technique ou en eau morte ou double échangeur » et autrement appelé kit anti-légionellose.

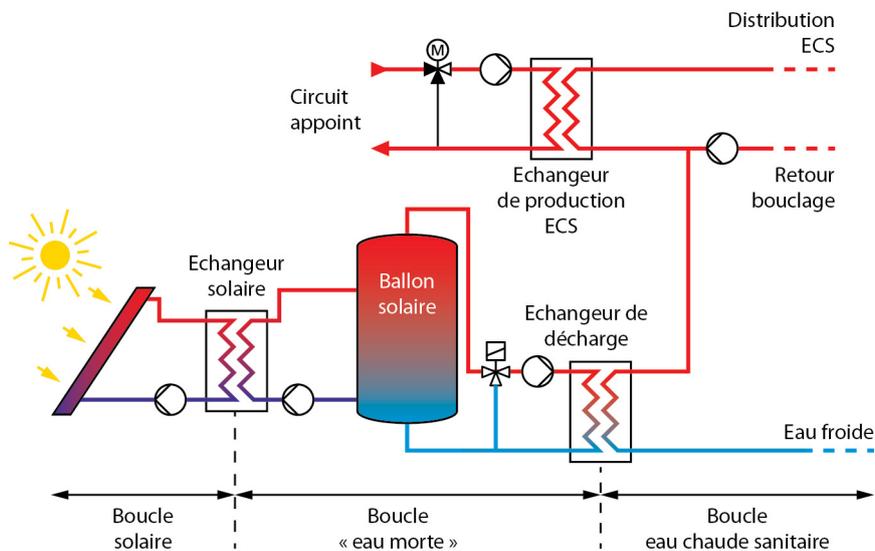
On donne (Figure 4), un schéma de principe, avec échangeur de séparation extérieur, présentant les différents éléments composant une installation de type « eau technique ».

Commentaire

La boucle « d'eau technique » peut également comporter un stockage en eau technique avec un échangeur de séparation intégré en bain marie dans le stockage (échangeur en tube inox par exemple) dans lequel passe l'eau chaude sanitaire à préchauffer. Ces installations doivent se conformer aux préconisations du constructeur.

Les règles techniques traitant de la boucle solaire d'une installation en « eau technique » sont similaires à celles d'une installation de chauffe-eau solaire collectif centralisé. Le concepteur doit néanmoins considérer les spécificités liées à l'existence de la boucle en « eau technique ».

Afin d'éviter au maximum le risque de développement des légionelles notamment dans des bâtiments à risques, il est préférable de privilégier une production d'eau chaude sanitaire instantanée par échangeur à plaques (sans stockage ou avec stockage sur le circuit primaire de l'appoint).



▲ Figure 4 : Schéma de principe d'une installation en « eau technique » avec échangeur de séparation extérieur à plaques



4.8. • 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 les risques liés 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.

4.8.1. • La protection contre le risque de pollution par retour d'eau

Les installations ne doivent pas être susceptibles d'engendrer une contamination des eaux potables à l'occasion de phénomènes de retour d'eau, comme stipulé dans le Code de la Santé Publique et le Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT). Ainsi, l'alimentation en eau des appareils de production d'ECS et de traitement d'eau doivent être protégées contre tout retour, comme le précise le RSDT. Le RSDT indique également que les canalisations de rejet de ces appareils doivent comporter une rupture de charge par mise à l'air libre.

Les règles générales permettant de déterminer les ensembles de protection à installer contre la pollution par retour d'eau sont spécifiées dans les normes NF DTU 60.1 P1-1-1 et NF EN 1717. Des tableaux indiquant les ensembles de protection à prévoir, dans les cas les plus courants, figurent, par ailleurs, dans le guide technique de conception des réseaux d'eau édité sous l'égide du Ministère de la Santé.

De nombreux ensembles de protection EA sont à prévoir sur l'installation : après le compteur général, à l'entrée des appartements, sur l'alimentation en eau du réseau de chauffage en plus du disconnecteur,.... Un ensemble EA ne correspond pas uniquement à un clapet de non-retour contrôlable mais inclut également une vanne en amont pour permettre son contrôle.

4.8.2. • La protection contre le risque de pollution par le fluide caloporteur

Des précautions doivent être également prises pour limiter les risques de contamination dans le cas d'une perforation d'un échangeur produisant de l'ECS, conformément au Règlement Sanitaire Départemental Type (article 16.9). L'instruction technique pour la réalisation et l'installation des dispositifs de traitement thermique de l'eau potable de décembre 1982 précise les règles à respecter.

Dans le cas d'une production d'ECS assurée par un échangeur à simple paroi entre le liquide caloporteur et l'ECS, le liquide caloporteur et ses additifs doivent être autorisés. Si le fluide caloporteur et ses additifs ne sont pas autorisés pour cet usage, deux échangeurs ou un échangeur double paroi sont alors nécessaires.



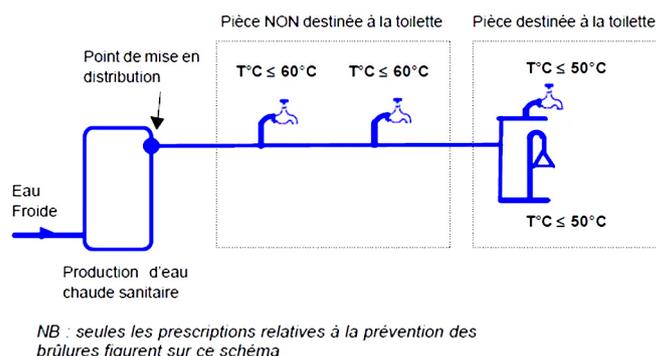
Les avis favorables sur les produits émis par l'ANSES sont disponibles sur le site Internet www.anses.fr.

4.8.3. • Prévenir les risques de brûlure

Les installations de production d'eau chaude sanitaire réalisées après novembre 2005 doivent respecter l'arrêté du 30 novembre 2005 (modifiant l'article 36 de l'arrêté du 23 juin 1978). Ce dernier impose une température maximale aux points de puisage :

- de 50°C dans les pièces destinées à la toilette ;
- de 60°C dans les autres pièces ;
- dans les cuisines et buanderies des ERP, l'eau pourra être distribuée à 90°C maximum en certains points faisant l'objet d'une signalisation particulière.

La (Figure 5) illustre les différents niveaux de températures imposés l'arrêté du 30 novembre 2005 et par la circulaire interministérielle DGS du 3 avril 2007.



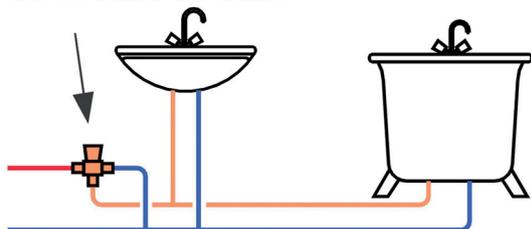
▲ Figure 5 : Prescriptions visant à prévenir le risque de brûlure aux points d'usage

La limitation des températures d'ECS aux points de puisage à 50°C maximum dans les pièces destinées à la toilette permet de réduire ce risque de brûlure.

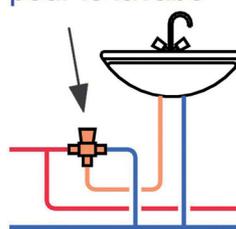
Satisfaire à la fois cette exigence et celles de températures de production et de distribution plus élevées imposées par rapport au risque légionelles (cf. 4.2.2) conduit à abaisser la température au niveau des pièces d'eau. Différentes solutions existent comme le montre la (Figure 6).

Il est préférable de placer les dispositifs de limitation de température les plus près possible des points de puisage de manière à minimiser les canalisations parcourues par de l'eau à des températures inférieures à 50°C.

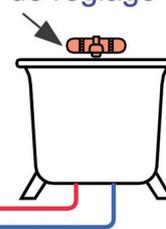
Limiteur de température en aval des points de puisage de la salle de bain



Limiteur de température pour le lavabo



Mitigeur thermostatique bain/douche avec butée de réglage



▲ Figure 6 : Exemples de dispositifs permettant de limiter les températures dans les salles de bain

Commentaire

Les limiteurs de température sont dotés tout comme les mitigeurs thermostatiques d'une cartouche de régulation. Contrairement aux mitigeurs monocommande avec une butée de réglage qui peuvent aussi être utilisés, ces appareils permettent de maintenir une température constante même si les températures, les pressions et les débits d'eau froide et d'eau chaude varient. Les mitigeurs thermostatiques NF classés C3 dispose d'une limitation de température à 50°C.



Le professionnel doit s'assurer que la température maximale de l'eau chaude sanitaire soit respectée aux points de puisage, quelque soit la configuration de l'installation de production d'eau chaude sanitaire.

4.8.4. • Prévenir les risques liés aux légionelles

Comme indiqué dans le rapport du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France de novembre 2001 et repris dans plusieurs circulaires de la Direction Générale de la Santé :

« D'une manière générale, pour limiter le développement des légionelles dans les réseaux d'eau chaude sanitaire, il est nécessaire d'agir à trois niveaux :

- éviter la stagnation et assurer une bonne circulation de l'eau chaude sanitaire ;
- lutter contre l'entartrage et la corrosion par une conception et un entretien adapté à la qualité de l'eau et aux caractéristiques de l'installation ;
- maîtriser la température de l'eau dans les installations, depuis la production et tout au long des circuits de distribution. »



La zone de multiplication active se situe entre 20-25°C et 45°C avec un optimum vers 35°C. Aux températures inférieures à 20°C, il est possible de retrouver des légionelles à l'état de dormance. Aux alentours de 45°C, la multiplication se ralentit. Au delà de 50°C, leur viabilité est réduite.

Les temps nécessaires à la réduction de 90% de la population) sont :

- de plusieurs heures à 50°C ;
- de quelques minutes à 60°C ;
- de quelques secondes à 70°C.

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 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.

On cite un extrait de l'arrêté du 30 novembre 2005 : « Afin de limiter le risque lié au développement des légionelles dans les systèmes de distribution d'eau chaude sanitaire sur lesquels sont susceptibles d'être raccordés des points de puisage à risque, les exigences suivantes doivent être respectées pendant l'utilisation des systèmes de production et de distribution d'eau chaude sanitaire et dans les 24 heures précédant leur utilisation :

- 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 est le plus faible possible, et dans tous les cas inférieur ou égal à 3 litres. Le tableau (Figure 7) indique les longueurs à partir desquelles le volume de 3 litres est atteint, pour différentes canalisations en cuivre et en polyéthylène. Le NF DTU 60.11 P1-2 impose, par ailleurs, dans le cas d'un bouclage que les antennes ne dépassent pas 8 mètres ;
- 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. Les durées minimales d'élévation quotidienne de la température à respecter sont données dans le tableau (Figure 8). »

| Matériau | Diamètre extérieur/ épaisseur en (mm) | Diamètre intérieur en (mm) | Contenance en litres d'eau par mètre | Longueurs de canalisations en mètre correspondant à un volume de 3 litres |
|----------|--|----------------------------|--------------------------------------|---|
| Cuivre | 12 x 1 | 10 | 0,079 l | 38 m |
| | 14 x 1 | 12 | 0,113 l | 27m |
| | 15 x 1 | 13 | 0,133 l | 23 m |
| | 16 x 1 | 14 | 0,154 l | 19 m |
| | 18 x 1 | 16 | 0,201 l | 15 m |
| | 22 x 1 | 20 | 0,314 l | 10 m |
| PER | 12 x 1.1 | 9,8 | 0,075 l | 40 m |
| | 16 x 1.5 | 13 | 0,133 l | 23 m |
| | 20 x 1.9 | 16,2 | 0,206 l | 15 m |
| | 25 x 2.3 | 20,4 | 0,327 l | 9 m |

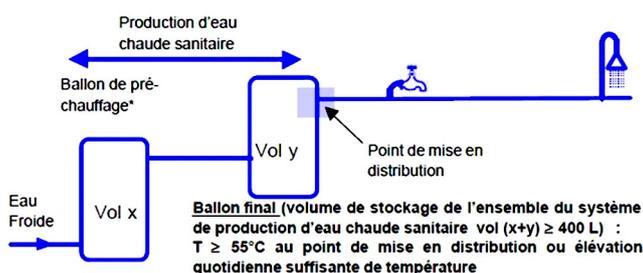
▲ Figure 7 : Longueurs de canalisations correspondant à un volume de 3 litres

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

▲ Figure 8 : 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 litres, la température doit être supérieure ou égale à 55°C à la sortie du ballon.

Comme illustré en (Figure 9), 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 9 : Ballons de stockage avec maintien de température dans le ballon le plus en aval



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 afin de statuer rapidement sur la faisabilité d'un chauffe-eau solaire.

5.1. • Justifier de consommations d'eau chaude sanitaire relativement importantes et stables

Pour être performante, une installation solaire doit être préconisée pour des applications justifiant de consommations d'eau chaude sanitaire suffisantes et régulières tout au long de l'année. C'est le cas notamment des bâtiments d'habitation collectifs, des établissements de santé et de certains hôtels.

Les projets ne répondant pas à ces critères de régularité et de niveau de consommation doivent être exclus ou intégrer les précautions nécessaires au bon fonctionnement de l'installation solaire (choix d'une solution autovidangeable notamment pour des consommations irrégulières à certaines périodes de l'année).

Le concepteur doit évaluer au mieux ces consommations d'eau chaude sanitaire ainsi que le profil annuel de puisage. Pour l'estimation des consommations, le concepteur peut :

- idéalement, mesurer la consommation d'eau chaude et le profil de puisage réels du bâtiment concerné (cas d'installation existante) ;
- se baser sur des ratios de consommation empiriques. Le profil annuel de puisage étant quand à lui approché à partir de statistiques de consommations de bâtiments existants similaires (cf. 7).



5.2. • Posséder une surface suffisante et optimale

La surface disponible pour la mise en place du champ de capteurs solaires doit être suffisante et optimale. Elle doit être correctement orientée ($\pm 45^\circ$ par rapport au Sud) et sans effet majeur d'ombrage sur les capteurs.

L'emplacement choisi doit permettre un ensoleillement optimal adapté au profil annuel de puisage (quand cela est possible). Trois facteurs sont à prendre en compte :

- l'inclinaison ;
- l'orientation ;
- l'absence de masques (ombres portées sur les capteurs).

Commentaire

Le ratio communément admis pour une première estimation du volume de stockage solaire est de 45 à 75 litres par m^2 de capteurs plans vitrés. Cette valeur a pour unique vocation de démarrer un calcul itératif permettant d'optimiser le dimensionnement. Il doit être confirmé par une étude solaire approfondie.



En cas de surface disponible pour la mise en œuvre des capteurs insuffisante, un projet solaire peut être viable. La part des besoins d'ECS couverts par le solaire sera moindre mais la performance énergétique de l'installation sera meilleure.

5.2.1. • L'inclinaison

La puissance reçue par les capteurs est optimale lorsque le rayonnement solaire est perpendiculaire. Or, la hauteur du soleil par rapport à l'horizontale varie au cours de la journée et au cours de l'année (Figure 10).

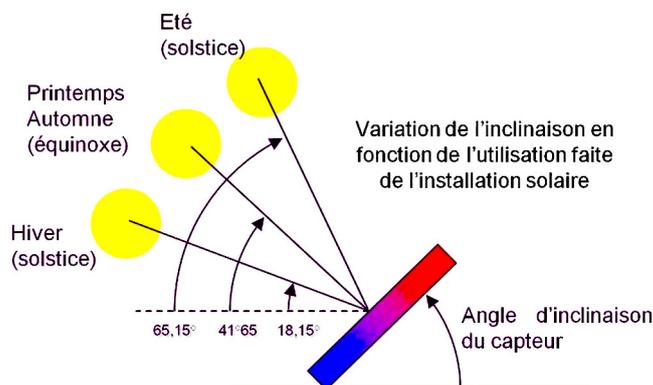
L'inclinaison optimale du capteur dépend du type d'utilisation de l'installation solaire. Pour la production d'eau chaude sanitaire (besoin annuel), l'inclinaison optimale est la latitude du lieu à laquelle l'installation se trouve (autour de 45° en France). Néanmoins la fourchette pour l'inclinaison tolérable est étendue. Entre 15° et 60° , les performances ne sont que peu touchées. Pour des inclinaisons autres, une étude est nécessaire.

Commentaire

Pour une utilisation estivale de l'installation, comme le chauffage d'une piscine en été, la couverture des besoins d'ECS d'un camping, une inclinaison de 15° à 30° est préférable.



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. Pour une production d'ECS annuelle, quelles que soient les régions, la pente du toit s'il est bien orienté est adaptée.



▲ Figure 10 : 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')

5.2.2. • L'orientation

L'orientation du capteur par rapport aux points cardinaux influe sur l'énergie thermique fournie par ce dernier. 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.



Pour toute orientation ne justifiant pas ces conditions d'implantation des capteurs, l'entreprise doit justifier l'installation par le calcul ou par un accord écrit du client.

5.2.3. • 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, horizon) ne viennent pas ou peu masquer les capteurs solaires et pénaliser la production solaire de l'installation.

Commentaire

Pour un bâtiment neuf, la zone d'implantation des capteurs n'existant pas au moment de l'étude, il convient de réaliser l'étude des masques par le calcul, 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.

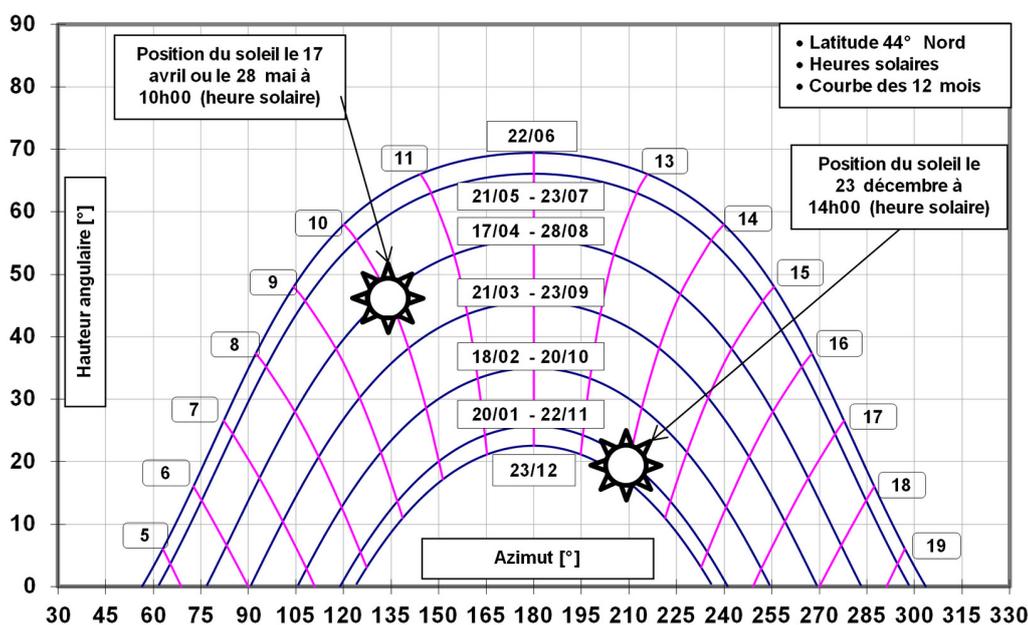


Plusieurs outils existent pour réaliser une étude des masques éventuels. On peut citer par exemple le diagramme de la course du soleil, illustré par la (Figure 11) :

Le repérage de la présence d'obstacles éventuels implique de réaliser un relevé de masque afin d'en mesurer la portée sur le champ de capteurs.

On donne ici la procédure à suivre :

- se placer à l'endroit le plus défavorisé du champ de capteurs (souvent le point le plus bas et/ou le plus proche d'un obstacle) ;
- caractériser tous les points qui dépassent l'horizon en mesurant leur azimut avec une boussole et leur hauteur angulaire avec le clinomètre (Figure 12) ;
- consigner ces valeurs sur un calepin sous la forme d'un tableau (Figure 13) ;
- reporter ces valeurs sur le graphique solaire correspondant à la latitude du futur chantier (Figure 14) ;
- exploiter ces valeurs avec un logiciel de calcul de performance solaire thermique. Si la hauteur moyenne du masque mesuré est inférieure à 12° , sa saisie n'est pas nécessaire.



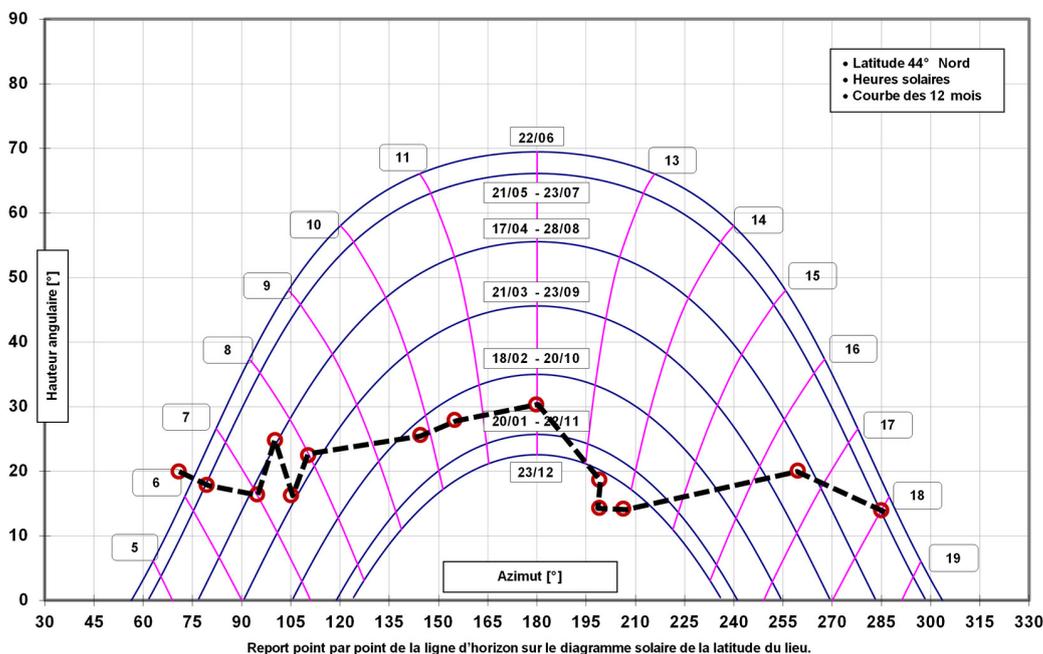
▲ Figure 11 : Diagramme de la course du soleil



▲ Figure 12 : Relevé des masques depuis l'emplacement prévu pour les capteurs

| | | | | | | | | | |
|---------|------|--|--|--|---|--|--|--|-----|
| Azimut | -180 | | | | 0 | | | | 180 |
| Hauteur | | | | | | | | | |

▲ Figure 13 : Consignation des hauteurs angulaires et des azimuts pour chaque point relevé. Les valeurs négatives correspondent à des orientations vers l'est, 0 correspond au sud.



▲ Figure 14 : Positionnement des points caractéristiques de la ligne d'horizon sur le diagramme solaire



Attention, sur les diagrammes solaires, le sud est le plus souvent indiqué à 180° (Figure 14) alors que les logiciels placent généralement le sud à 0 avec les valeurs négatives à l'est.

Il faut surveiller l'évolution de la végétation qui pourrait venir masquer l'installation au bout de quelques années et prévoir tailles et élagages éventuels.



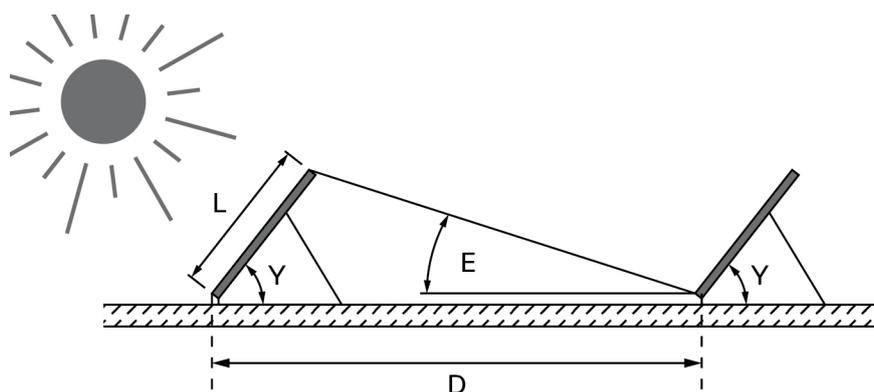
Pour une installation de capteurs en toiture terrasse (batteries de capteurs posés sur châssis et disposées en bandes parallèles), les différentes rangées de capteurs ne doivent pas se porter mutuellement ombrage. Il convient de respecter une distance minimale (D) entre chaque rangée définie par la relation suivante :

$$D = L \cdot ((\sin \gamma / \tan \varepsilon) + \cos \gamma)$$

Avec :

- D : distance minimale entre rangées ;
- L : longueur des capteurs solaires ;
- γ : angle d'inclinaison des capteurs par rapport à l'horizontale ;
- ε : angle d'incidence minimal du rayonnement solaire (le 21 décembre à midi en temps solaire vrai).

On donne (Figure 15) une représentation des différents indicateurs nécessaires au calcul de la distance minimale à respecter entre chaque rangée de capteurs.



▲ Figure 15 : Visualisation des indicateurs nécessaires à la détermination de la distance minimale D à respecter entre les rangées de capteurs solaires

5.3. • Posséder un emplacement suffisant pour recevoir le(s) ballon(s) de stockage solaire(s)

Ce type d'installation nécessite de disposer ou de créer un local technique, fermé, en zone hors gel et accessible (local préfabriqué en toiture terrasse par exemple). Il doit pouvoir accueillir (en surface et hauteur) le ou les ballon(s) de stockage solaire(s) ainsi que tous les raccords et équipements solaires nécessaires au bon fonctionnement de l'installation (vase d'expansion, échangeur solaire et régulation notamment). La masse du ballon ne doit pas dépasser la charge utile du plancher.



Commentaire

Le volume du(des) ballon(s) de stockage solaire correspond à la consommation moyenne journalière d'eau chaude sanitaire, pour la période de fonctionnement la plus défavorable de l'année (faible consommation d'ECS et fort ensoleillement).

Des contraintes liées aux dimensions du local technique (surface réellement disponible notamment), peuvent conduire à réduire la valeur de prédimensionnement du volume de stockage solaire (et donc à réduire proportionnellement celle pour la surface de capteurs solaires).

5.4. • 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 (vannes, clapets, circulateurs...) situés sur le circuit en entrée de capteurs, la plage de température de fonctionnement généralement considérée est de -10 à $+120^{\circ}\text{C}$;
- pour les purgeurs d'air en sortie de capteurs (si présents) et les soupapes de sécurité éventuelles, la plage de température de fonctionnement considérée est généralement de -10 à au moins 150°C ;
- la pression maximale pour le circuit primaire solaire 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.



Attention aux risques de brûlures si les capteurs solaires sont facilement accessibles.

5.5. • Prendre en compte les risques sanitaires

Pour les établissements sociaux et médico-sociaux d'hébergement pour personnes âgées et ceux de santé, la mise en place d'une production d'ECS solaire implique de réétudier le concept de récupération d'énergie afin de considérer le risque lié aux légionelles.

Pour ces installations, dans lesquelles le stockage d'eau sanitaire à température non maîtrisée est déconseillé, un stockage d'énergie dans un réseau primaire peut être proposé. On parle d'installation en eau technique ou en eau technique (cf. 4.6).

5.6. • 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.

Toutes dispositions sont prises pour éviter les risques de vandalisme pour les équipements entreposés sur le chantier.

Les travaux en hauteur nécessitent le respect des règles de sécurité (utilisation de nacelle, échafaudage...). Lors de la première visite, il est indispensable de relever tous les détails qui ont une influence sur le matériel à prévoir.



Tout travail réalisé avec risque de chute dans le vide doit être sécurisé avec la mise en place d'un système de protection contre les chutes (Art. L. 233-13-20 du Code du Travail).

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.



Si une entreprise utilise du matériel mis en œuvre par une autre entreprise, les modalités d'utilisation doivent être définies au préalable.



Critères généraux de choix des matériaux utilisés pour l'exécution d'installations solaires

6



Ce chapitre a pour objet de fixer les critères généraux de choix des matériels utilisés pour l'exécution d'installations solaires pour la production d'eau chaude sanitaire. En rénovation, la compatibilité avec les matériaux déjà présents sur site et susceptibles d'être conservés doit être observée scrupuleusement.



Les critères généraux de choix des matériaux doivent être conformes aux prescriptions de la NF DTU 65.12 P1-2.

6.1. • Capteurs solaires

Les deux certifications existantes en Europe pour les capteurs solaires sont les marques SolarKeymark et CSTBat Procédés solaires. L'Avis Technique, qui valide entre autre la durabilité et la mise en œuvre, est associé à la marque CSTBat Procédés solaires. Pour des implantations à proximité de la mer ou dans des atmosphères spécifiques (implantation à proximité d'activités rejetant des produits agressifs) l'utilisation de matériaux facilement corrodables devra être proscrite.

6.2. • Canalisations

Dans le cas d'installation avec capteurs remplis en permanence, la température et la pression maximales de service des canalisations doivent être supérieures à la température de stagnation (spécifiée par le fabricant des capteurs) et la pression maximale de service (fonction de la pression de tarage de la soupape sécurité retenue).

Dans le cas d'installations autovidangeables, la température maximale pouvant être atteinte dépend du réglage du régulateur. La pression de

service maximale est plus faible que pour les installations avec capteurs remplis en permanence, elle dépend uniquement de la hauteur statique générée par le volume de fluide.

Les matériaux constitutifs des canalisations doivent être compatibles avec le liquide caloporteur afin d'éviter les désordres électrolytiques (effet de pile).

Matériaux recommandés

Le cuivre est utilisable dans la plupart des cas. La conformité avec la NF EN 1057 et/ou NF EN12449 est nécessaire.

L'innox 304 L ou 316 L nécessitent des soudures spécifiques. L'innox annelé est utilisable, mais implique des pertes de charges importantes. La purge de réseaux réalisés à l'aide de ce matériau est particulièrement délicate, notamment sur les longueurs horizontales. Les réseaux annelés nécessitent un temps de purge important, de manière à laisser les bulles prisonnières des anneaux remonter en points hauts et évacués.

Les matériaux de synthèse présentent généralement des incompatibilités de températures avec les conditions de fonctionnement normales du liquide caloporteur. Cependant, dans le cas où un matériau remplirait les conditions nécessaires (tenue en température, en pression, mécanique, facilité de purge, compatibilité avec d'autres matériaux du réseau, pérennité – liste non exhaustive), il peut être utilisé.

Matériaux à proscrire

L'acier galvanisé est proscrit. Au delà de 60° C, une réaction chimique se produit avec le glycol, et développe un potentiel d'électrolyse avec d'autres matériaux (NF EN14868) ;

L'acier noir ne doit pas être utilisé sans une étanchéité parfaite contre la présence d'humidité, notamment en raison de la température hautement variable des réseaux vis-à-vis de la température ambiante, favorisant la formation périodique de condensation sur les canalisations.

6.3. • Isolation thermique

L'isolant thermique du réseau de canalisation doit être équipé d'une protection mécanique (tôle isoxal, coque PVC, ou équivalents). Il est composé d'une mousse élastomère ou d'une laine minérale selon NF DTU 45.2. La capacité isolante doit être définie par le concepteur. L'isolant doit être au minimum classé M1 dans le classement au feu. L'isolation doit être continue tout au long des canalisations, y compris au passage de tous les points singuliers tels que les éléments de fixation, les raccords, les vannes ou encore les dégazeurs.



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.

Commentaire

Les mousses élastomères de type EPDM sont généralement utilisées pour des isolants devant supporter des températures d'au moins 150°C. Les laines minérales sont quant à elles utilisées pour des isolants devant supporter des températures supérieures.

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.

L'isolation thermique du circuit primaire solaire doit résister à la température maximale du tronçon considéré et aux contraintes mécaniques.

6.4. • Visseries

Les visseries et pièces de fixations en contact avec les capteurs, les canalisations ou tout autre élément métallique de l'installation peuvent être en acier inox. La position de l'installation, à proximité de la bordure littorale (moins de 3 km) peut renforcer les impératifs à cet égard (NF DTU 65.12).

6.5. • Supportage des tuyauteries

Les réseaux doivent être tenus par des supports isolés, de manière à éviter tous ponts thermiques (avec notamment l'utilisation de suspentes en plastiques), et anti vibratiles.

6.6. • Purgeurs (uniquement pour les installations avec capteurs remplis en permanence)

Les purgeurs doivent être choisis sur des critères de qualité de purge et de résistance. La température maximale admissible des purgeurs doit être supérieure à 130°C. Ils ne doivent pas contenir de pièces en plastique à l'exception du siège du clapet. Leur raccordement doit se faire en diamètre 20 minimum. Ils doivent être équipés d'une vanne d'arrêt amont.

6.7. • Organes de réglage

Les organes d'équilibrages doivent être choisis pour supporter des températures conformes à celles de fonctionnement de l'installation (jusqu'à 130°C).

Les vannes d'équilibrage doivent résister aux hautes températures et être compatibles avec le liquide caloporteur.

6.8. • Liquide caloporteur

Le liquide caloporteur utilisé majoritairement dans les installations en France métropolitaine est un mélange d'eau et de monopropylène-glycol, à des taux compris entre 30 et 50%.

Le liquide antigel doit respecter les exigences du guide ISO/TR 10217 et notamment celles relatives à l'association des fluides et des matériaux en circuit aéré et non aéré.

Généralement l'échangeur solaire est de type simple paroi. Dans ce cas, il est nécessaire de vérifier que l'antigel utilisé est autorisé pour une utilisation dans les installations de traitement thermique des eaux destinées à la consommation humaine fonctionnant en simple échange. Les avis favorables sur les produits émis par l'ANSES sont disponibles sur le site internet www.anses.fr.

Un unique type de fluide doit être utilisé sur une installation, certains fluides présentant des incompatibilités avec d'autres, notamment en raison de la composition de leurs inhibiteurs de corrosion.



6.9. • Dispositifs d'expansion (uniquement pour les installations avec capteurs remplis en permanence)

Le dispositif d'expansion à mettre en œuvre doit être constitué d'un vase d'expansion. Il peut être fermé à pression variable ou à maintien de pression constante. Le dispositif d'expansion doit être conforme aux spécifications du NF DTU 65.11.

Commentaire

Les groupes de maintien de pression sur l'eau (fermé à compresseur, fermé à circulateur ou à bête ouverte) ne permettent pas d'assurer leur fonction d'expansion en cas de coupure électrique.

Le vase d'expansion doit posséder une membrane ou une vessie compatible avec du monopropylène-glycol. La plage de température de fonctionnement généralement considérée est de -10 à $+120^{\circ}\text{C}$. La température maximale admissible par la membrane ou la vessie n'étant, en général, que de 70°C , les conditions de montage doivent tenir compte de cette contrainte.

Le vase d'expansion doit être compatible avec le liquide caloporteur utilisé. Il doit être choisi en fonction des pressions et températures maximales pouvant être atteintes à l'endroit où il est installé.

Commentaire

La plage de température de fonctionnement généralement considérée pour ce circuit est de -10°C à $+120^{\circ}\text{C}$. La pression maximale pour ce circuit dépend de la pression de tarage de la soupape de sécurité déterminée. La pression d'épreuve de la plupart de ces vases est de 10 bars, pour une pression de service généralement comprise entre 3 et 4 bars.

6.10. • Soupape de sécurité

La soupape de sécurité doit être choisie spéciale solaire, c'est à dire possédant un joint métal/métal.

6.11. • Pompe de circulation

Le circulateur doit être choisi compatible avec le liquide utilisé. Si le liquide est antigel à base de monopropylène-glycol, la garniture du circulateur doit notamment être adaptée. La température d'utilisation doit également être compatible avec la température du réseau en fonctionnement normal. Pour la grande majorité des installations, un circulateur à moteur ventilé est recommandé. Dans le cas d'une installation autovidangeable en toiture inclinée, une pompe à rotor noyée peut être utilisée.

Le circulateur de la boucle solaire glycolée doit être adapté à un fonctionnement avec le liquide caloporteur utilisé. Son choix doit respecter la plage de température de fonctionnement du circuit solaire.

Le circulateur de la boucle d'ECS doit bénéficier d'une ACS.

6.12. • Joints

Les matériaux constitutifs des raccords et des joints d'étanchéité doivent répondre aux mêmes exigences de température et pression maximales que les canalisations. Ils doivent être également compatibles avec le liquide caloporteur.

L'utilisation de joints EPDM sur les équipements est à privilégier, vis-à-vis de joints nitriles.

Pour les installations autovidangeables, les joints fibres sont proscrits (ne supportent pas le régime d'alternance sec/mouillé). Les joints doivent être de type raccords 3 pièces coniques tous métalliques.

Commentaire

La plage de température de fonctionnement généralement considérée est de -10 à $+120^{\circ}\text{C}$. La pression maximale pour ce circuit dépend de la pression de tarage de la soupape de sécurité déterminée.

6.13. • Echangeur de chaleur

Les matériaux constituant l'échangeur solaire doivent être adaptés à un fonctionnement avec le liquide caloporteur utilisé.

Si l'échangeur de chaleur solaire est intégré au dispositif de stockage solaire, il est adapté selon les spécifications du fabricant aux températures et aux pressions maximales pouvant être atteintes par l'installation. Il est placé en bas de ballon doit être en cuivre, en inox ou en acier émaillé et isolé électriquement.

Si un échangeur de chaleur solaire externe est mis en œuvre, il est généralement à plaques, en acier 316L avec joints Nitrile ou à plaques brasées.

6.14. • Ballons de stockage solaire

Les ballons solaires doivent supporter des températures supérieures à 90°C .

Les ballons disposent d'un revêtement intérieur de type organique, acier inox, poudres époxy, ou encore émaillés. Les ballons émaillés ne devront présenter aucune trace de choc.



Commentaire

L'ECS est considérée réglementairement comme une eau potable.

Les matériaux et objets organiques monomatières, multicouches, composites (revêtement de réservoir, tubes PEX, PVC-C...) ainsi que les accessoires constitués d'au moins un composant organique en contact avec l'ECS (pompe, vanne, robinet sanitaire, clapet, groupe de sécurité...) doivent disposer d'une attestation de conformité sanitaire (ACS). Selon la circulaire DGS/SD 7 A n°2002-571 du 25 novembre 2002, les chauffe-eau et chaudières ne sont pas soumis à l'obtention d'une ACS. Les listes des matériaux, objets organiques et accessoires bénéficiant d'une ACS en cours de validité sont disponibles sur les sites Internet du ministère de la santé www.sante.gouv.fr et des laboratoires délivrant des ACS (www.groupecarso.com et www.eurofins.fr).

La certification NF inclut la vérification de l'obtention d'une ACS.

Estimation des consommations d'eau chaude sanitaire

7



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

La base d'un bon dimensionnement doit reposer sur une estimation précise des consommations d'eau chaude sanitaire. Contrairement aux idées reçues, l'exercice n'est pas toujours aisé. Le surdimensionnement, du fait d'une surestimation des consommations d'eau chaude sanitaire, est un défaut trop souvent rencontré sur les installations de production d'eau chaude sanitaire solaire.

Les ratios utilisés pour dimensionner une installation solaire (ratios dimensionnants) peuvent être différents des ratios retenus pour la détermination de la puissance d'appoint : dans un cas, on veut assurer une performance énergétique de l'installation, dans l'autre, un confort et une sécurité pour l'utilisateur.



L'énergie solaire produite constitue le préchauffage de l'eau chaude sanitaire : il existe toujours un système d'appoint permettant d'atteindre la consigne (confort et sécurité) pour l'usager. En l'absence de mesures précises, le dimensionnement de l'appoint solaire sera toujours basé sur la fourchette basse des besoins en eau chaude sanitaire, et celui du système d'appoint sur les besoins en pointe.

Commentaire

Un surdimensionnement augmente le coût de l'installation solaire, limite sa productivité et génère des problèmes de surchauffe l'été avec une altération du liquide antigel, une usure prématurée des matériaux et une contre performance de l'installation.



Le concepteur doit évaluer au mieux les consommations d'eau chaude sanitaire ainsi que les profils de puisage sur l'année. Pour l'estimation des consommations, le concepteur se base :

- idéalement, sur la mesure de la consommation d'eau chaude et du profil de puisage réels du bâtiment concerné. Si une campagne de mesure est réalisée, sa durée doit être représentative de l'usage (au minimum 30 jours) ;
- sur des relevés existants de consommation d'eau chaude ou d'eau froide ;
- sur des ratios de consommation empiriques. Le profil annuel de puisage étant quand à lui approché à partir de statistiques de consommations de bâtiments existants similaires.

Commentaire

La mesure des consommations d'ECS doit idéalement être réalisée sur la période de faible consommation (par exemple, pour l'habitat, prendre les valeurs moyennes sur 3 mois d'été).



Dans le neuf, l'étude réglementaire (RT 2012) 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. Le calcul réglementaire RT n'est pas un outil de dimensionnement d'installation. Pour un dimensionnement correct d'une installation solaire thermique, le concepteur doit utiliser des outils dédiés.

7.1. • Les besoins d'eau chaude sanitaire dans l'habitat

Une valeur de besoins moyens d'ECS de 30 litres par personne par jour à 60°C (soit 45 litres à 40°C pour une eau froide à 15°C) permet de dimensionner correctement l'installation solaire.



Les ratios présentés ici permettent de dimensionner au plus juste une installation solaire thermique performante, en écartant au maximum les risques de surdimensionnement. Les ratios pour le dimensionnement de l'installation solaire sont différents des valeurs prises pour celui d'un dispositif conventionnel de production d'eau chaude sanitaire.



Le tableau de la (Figure 16) donne, à titre d'exemple, des données statistiques pour l'estimation des consommations d'eau chaude sanitaire dans l'habitat.

| Nombre de pièces | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 et plus |
|---|----|----|----|----|-----------|
| Consommation d'ECS à 60°C en litres/jour en logement | 36 | 42 | 60 | 78 | 90 |

▲ Figure 16 : Ratios pour l'estimation des consommations d'ECS dans l'habitat

Si le bâtiment présente des caractéristiques spécifiques (logements étudiants, EHPAD, foyers d'accueil...) qui peuvent entraîner une modification des besoins « standards », le concepteur est libre de faire évoluer le besoin en fonction d'une bibliographie ou d'un retour d'expérience précis. Il est cependant à déconseillé d'évaluer largement les besoins ECS, entraînant un risque de surdimensionnement.

Le profil de puisage doit être quand à lui approché à partir de statistiques de consommations de bâtiments existants similaires. Le tableau de la (Figure 17) donne, à titre indicatif, les variations saisonnières pour l'estimation des profils de puisage dans l'habitat.

| Mois | Janv.- Mai | Juin | Juil. | Aout | Sept | Oct. | Nov.- Déc. |
|-------------------------------------|---------------|------|-------|------|------|------|---------------|
| Coefficients multiplicateurs | 1,1 | 0,85 | 0,75 | 0,75 | 0,90 | 1,05 | 1,1 |

▲ Figure 17 : Ratios pour l'estimation des profils de puisage d'ECS dans l'habitat



La variation estivale peut être beaucoup plus faible. Le concepteur doit se renseigner auprès du Maître d'Ouvrage sur les habitudes de leurs locataires ou acquéreurs.

L'estimation des taux de remplissage des logements peut évoluer de manière saisonnière. Le concepteur est tenu d'y prêter une attention particulière, et de retranscrire dans son estimatif les informations les plus précises possibles sur la consommation d'ECS estimée des futurs locataires ou acquéreurs.

7.2. • Les besoins d'eau chaude sanitaire dans les établissements de santé



Les consommations d'eau chaude sanitaire en établissement de santé peuvent varier fortement notamment en regard du personnel d'encadrement.



On donne, à titre indicatif, des données statistiques pour l'estimation des consommations d'eau chaude sanitaire dans les établissements de santé :

- pour personnes âgées : 15 l/jour.lit à 60°C ;
- de type cliniques et hôpitaux : 25 l/jour.lit à 60°C.

Les ratios communément admis pour les consommations d'eau chaude liées aux repas et au linge sont les suivants :

- 3 litres par couvert et par jour à 60°C ;
- 6 litres par kg de linge.

7.3. • Les besoins d'eau chaude sanitaire dans l'hôtellerie



Les consommations d'eau chaude sanitaire en hôtellerie peuvent varier fortement notamment en regard de la catégorie de l'établissement.

On donne, à titre indicatif, des données statistiques pour l'estimation des consommations d'eau chaude sanitaire selon la catégorie de l'établissement :

- 30 à 80 litres par chambre à 60°C (respectivement pour une classe économique et haute gamme);
- 3 litres par couvert et par jour à 60°C.

7.4. • Les besoins d'eau chaude sanitaire dans les campings

On donne, à titre indicatif, des données statistiques pour l'estimation des consommations d'eau chaude sanitaire en camping : 12 litres par personne et par jour à 60°C.

Conception et dimensionnement : principes généraux



Le bon dimensionnement d'une installation solaire consiste :

- dans un premier temps, à réaliser un prédimensionnement simple en prenant en compte les différentes contraintes du projet ;
- dans un second temps, d'ajuster ce prédimensionnement en utilisant un logiciel.

8.1. • Les points clés du prédimensionnement

Le prédimensionnement peut être réalisé par le concepteur de façon simple. Il repose sur un certains nombres de critères présentés ici. Il sert de base à un calcul itératif visant à dimensionner précisément l'installation solaire.

8.1.1. • 1^{er} critère : estimation des consommations d'ECS

La base d'un bon dimensionnement doit reposer sur une estimation correcte des consommations d'ECS (cf.7).



Si l'estimation des consommations d'ECS est incertaine, il est conseillé de sous-évaluer légèrement les besoins d'ECS.



8.1.2. • 2^{ème} critère : définition du volume du ou des ballon(s) de stockage solaire

Le stockage de l'énergie captée permet de pallier le déphasage entre la ressource solaire et le besoin en eau chaude sanitaire. Le volume du (des) ballon(s) de stockage solaire correspond à la consommation moyenne journalière d'eau chaude sanitaire, pour la période de fonctionnement la plus défavorable de l'année (faible consommation d'ECS et fort ensoleillement). La valeur de prédimensionnement doit être comprise entre 80 et 120% de la consommation moyenne journalière.

Au-delà d'un certain volume de stockage solaire ou pour des contraintes de hauteur sous plafond du local technique, le volume solaire journalier ne peut-être contenu dans un seul ballon. Plusieurs dispositifs de stockage centralisés peuvent être installés.

Des contraintes liées aux dimensions du local technique (surface réellement disponible notamment) et à la résistance à la charge du sol, peuvent conduire à réduire la valeur de prédimensionnement du volume de stockage solaire (et donc à réduire proportionnellement celle pour la surface de capteurs solaires).

A surface de capteurs solaires constante, plus le volume de stockage solaire est important, plus les pertes thermiques du stockage augmentent et moins la température atteinte dans le stockage solaire est haute : il existe donc un risque de sollicitations de l'appoint plus important.

8.1.3. • 3^{ème} critère : estimation de la surface de capteurs solaires

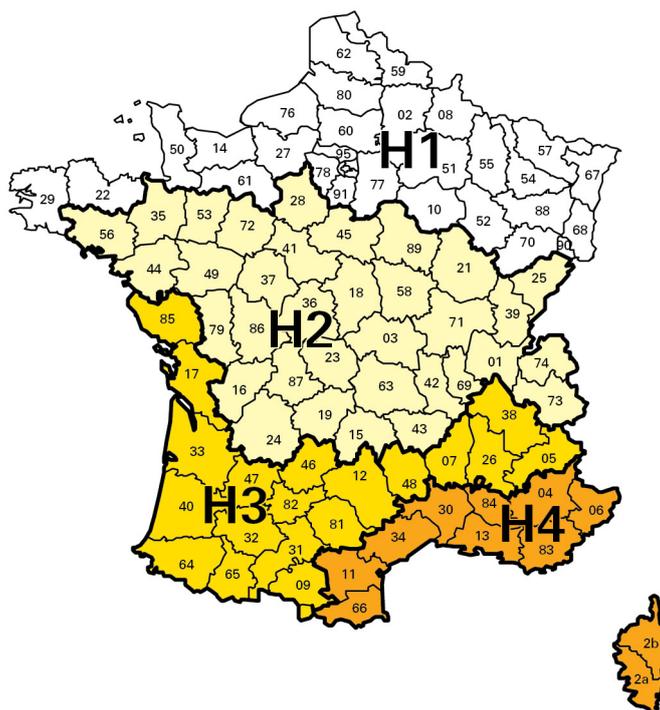
La valeur de prédimensionnement de la surface de capteurs solaires est déterminée en regard du volume de stockage solaire et de la zone climatique. Elle peut être définie sur la base d'un ratio de 1 m² de capteurs solaires pour 45 à 75 litres de stockage solaire. On donne (Figure 18) les ratios à utiliser selon la zone climatique. Ils sont donnés pour une couverture des besoins d'ECS de 40 à 60 % et pour une température d'eau de 50°C.

| Zone climatique | Volume de stockage solaire / Surface de capteurs (en litre/m ²) |
|-----------------|---|
| H1 | 45 |
| H2 | 55 |
| H3 | 65 |
| H4 | 75 |

▲ Figure 18 : Ratio volume de stockage solaire/surface de capteurs en fonction de la zone climatique



La (Figure 19) définit les zones climatiques à utiliser.



▲ Figure 19 : Définition des 4 zones climatiques

La surface de capteurs ainsi définie peut être réduite du fait de contraintes liées à :

- la surface réellement disponible pour sa mise en œuvre ;
- l'investissement maximal disponible.



Un minimum de 50 litres de volume solaire par m² de capteurs solaires plans vitrés installés doit être respecté. Le volume de stockage solaire ne doit pas être surdimensionné. En effet, un volume trop important conduit à une montée en température des ballons de stockage solaires difficile.

8.1.4. • 4^{ème} critère : taux de couverture

Le taux de couverture solaire représente la part des besoins en ECS assurée par le chauffe-eau solaire. D'une manière générale, il est égal au rapport de l'énergie solaire utile sur le besoin en eau chaude sanitaire.



Commentaire

L'énergie solaire utile est l'énergie apportée par l'installation solaire et transférée à l'appoint via le soutirage et le bouclage (si le retour de boucle d'ECS est réalisé, en partie, sur le solaire).

Dans le cas d'une installation en eau technique, l'énergie solaire utile est déterminée aux bornes du secondaire de l'échangeur de décharge.

Dans le cas d'une installation de chauffe-eau solaire collectif centralisé (avec stockage en eau chaude sanitaire), l'énergie solaire utile est calculée en sortie de stockage solaire.

Si l'appoint est intégré au ballon solaire, l'énergie solaire utile est le besoin de soutirage moins l'énergie d'appoint, corrigée du bouclage et des pertes de stockage de la partie supérieure du ballon solaire.

Ce taux de couverture annuel ne doit pas être un objectif de dimensionnement. Mensuellement et notamment en été, il ne doit en aucun cas dépasser 85% de manière à prémunir l'installation d'une éventuelle surchauffe et laisser une « souplesse » d'utilisation, vis-à-vis du puisage. Tendre vers un taux de couverture plus important conduit à une surface de capteurs importante et donc à un surdimensionnement de l'installation. Ce surdimensionnement génère :

- une faible augmentation de la chaleur solaire pour un surcoût important ;
- des risques de surchauffes impliquant des contraintes techniques néfastes à l'installation.

Le dimensionnement des installations de type autovidangeable s'effectue strictement à l'identique des installations avec capteurs remplis en permanence. Les mêmes règles pour limiter les risques de surdimensionnement doivent être respectées et notamment la limitation à 85% du taux de couverture maximal le mois le plus favorable.

8.1.5. • 5^{ème} critère : productivité solaire

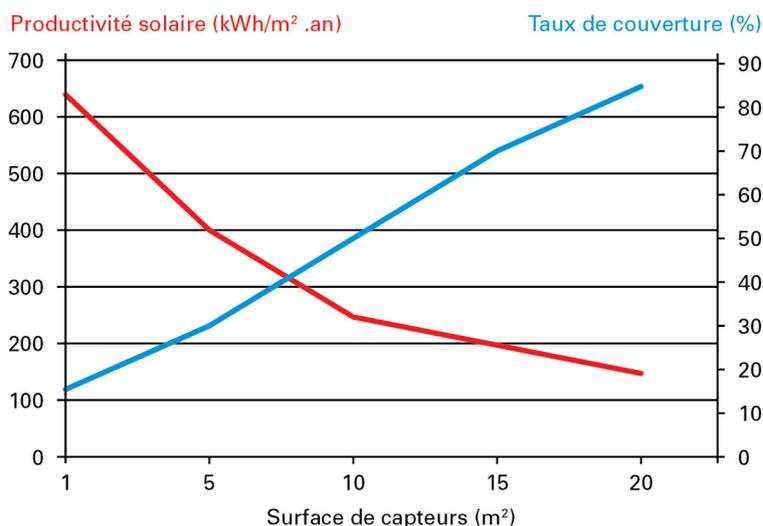
La productivité solaire est utilisée pour comparer les performances de différentes installations : on ramène simplement la production solaire utile à la surface entrante de capteurs installés. Cet indicateur, exprimé en kWh/m².an, est représentatif du bon dimensionnement et de la bonne performance de l'installation solaire, mais il peut être pénalisé si la consommation d'ECS est trop faible par rapport aux capacités de l'installation.

La (Figure 20) illustre l'évolution de la productivité en fonction de la surface de capteurs installée, à volume de stockage constant.



La productivité solaire varie de manière inversement proportionnelle au taux de couverture solaire. A titre d'exemple, la (Figure 20) montre que pour un même besoin d'ECS, plus la surface de capteurs est importante :

- plus la productivité solaire diminue ;
- plus le taux de couverture augmente.



▲ Figure 20 : Evolution du taux de couverture et de la productivité solaire en fonction de la surface de capteurs installée, à volume de stockage constant.

Pour un même besoin d'eau chaude sanitaire, plus la surface de capteurs est importante, plus la productivité solaire est faible (augmentation de la production solaire mais augmentation du coût du kWh produit).



Ce sont les derniers mètres carrés de capteurs qui produisent le moins, donc qui ont l'amortissement le plus faible.

La production prévisionnelle est une donnée sensible. Elle dépend de l'ensoleillement, des rendements de capteurs, du dimensionnement de l'installation, des caractéristiques de chacun des équipements, mais également du puisage (volume et profil), et de la modélisation. Elle reflète la performance théorique d'une installation, vis-à-vis d'un puisage et d'un ensoleillement donnés.

La productivité solaire de l'installation doit être suffisante pour justifier la mise en place d'une installation solaire. Une productivité annuelle comprise entre 400 et 600 kWh/m².an (suivant la région climatique) doit être recherchée.



8.2. • Le dimensionnement optimal



Certains logiciels calculent les indicateurs (taux de couverture et productivité solaire) à l'entrée du ballon de stockage solaire (logiciels allemands et suisses notamment) et non à la sortie ce qui ne permet pas de déterminer l'énergie solaire utile. Une analyse complémentaire est donc nécessaire au-delà des calculs effectués par ces logiciels. Dans certains cas le dénominateur pour le calcul du taux de couverture n'est pas le besoin de soutirage, mais l'énergie apportée par le générateur d'appoint (participant au besoin de soutirage, au bouclage et au stockage).

Le dimensionnement de l'installation et notamment la définition du couple « surface de capteurs et volume de stockage solaire » optimal doivent être réalisés. Pour cela, le concepteur doit utiliser un logiciel de calcul de performance.

Commentaire

Il existe différents logiciels de calcul de performance. Tous ne traitent pas le générateur d'appoint ou une éventuelle couverture des pertes par bouclage par le solaire. Tous n'intègrent pas non plus de manière explicite de nouveaux schémas de type stockage en eau technique ou autovidangeable. Dans la conception, il n'est pas nécessaire de modéliser finement le comportement de l'installation car celle-ci comporte un stockage thermique permettant des calculs sûrs et précis sur un pas de temps journalier.



Il est de la responsabilité du concepteur d'utiliser à bon escient un logiciel adapté. Les logiciels étant des aides à la conception, c'est bien le savoir-faire du concepteur qui permettra de concevoir au mieux l'installation solaire.

A partir des valeurs de prédimensionnement de la surface de capteurs et du volume de stockage solaire, différentes configurations et plus précisément différents couples sont calculés.

Commentaire

Plusieurs configurations peuvent être évaluées, par exemple : « surface de prédimensionnement et volume de stockage minimum », « surface de prédimensionnement et volume de stockage maximum », « volume de prédimensionnement et surface minimum », « volume de prédimensionnement et surface maximum »



Le concepteur doit trouver un compromis entre une productivité solaire utile en kWh par m² de capteurs importante et un taux de couverture solaire suffisant pour justifier d'un projet solaire.



Conception et dimensionnement de la boucle transfert solaire

9



9.1. • Raccordement hydraulique des capteurs



Le raccordement hydraulique des capteurs solaires doit permettre une répartition homogène des débits dans chaque capteur et une purge efficace de l'ensemble des capteurs.

Un champ doit être constitué de capteurs de même marque et de même type. Les capteurs doivent présenter des caractéristiques physiques identiques notamment d'un point de vue pertes de charge.

Si l'installation solaire présente une faible surface de capteurs solaires, ces derniers peuvent être raccordés en série ou en parallèle.

En série, la dilatation et les pertes de charges limitent le nombre de capteurs à raccorder (se conformer aux prescriptions du fabricant) et implique la présence de nombreux points hauts (purge délicate).

En parallèle, le nombre de capteurs à raccorder est limité (se conformer aux prescriptions du fabricant). La purge est facilitée mais l'équilibrage des débits dans chaque capteur peut être délicat à assurer. Les pertes de charge des collecteurs doivent être plus faibles que celles des capteurs et donc le diamètre interne des collecteurs plus important que celui des tubes dans le capteur (rapport de 1,6 à 3,3).

Pour des installations présentant une surface de capteurs plus importante, ces derniers sont de préférence raccordés en série/parallèle (batteries avec capteurs montés en série et raccordées en parallèle).



Les avis techniques et la documentation technique du capteur indiquent les configurations hydrauliques autorisées. Il est précisé :

- le nombre de capteurs maximum pouvant être raccordés en série, en une seule batterie ;
- les spécificités de raccordement associées (possibilité de raccordement en épingle ou croisé).

Le concepteur doit vérifier que la perte de charge maximale créée par la batterie la plus défavorisée n'excède pas 2 m eau, après équilibrage, à débit moyen recommandé par le fabricant. Les batteries de plus de 6 ou 8 capteurs sont généralement à éviter, sauf si les préconisations du fabricant le permettent.

Le nombre de capteurs raccordé en série par batteries doit être, dans la mesure du possible, le même. Les capteurs d'une même batterie sont tous posés en paysage ou en portrait.



Le nombre maximum de capteurs dans une même batterie avec raccordement en série est limité. Il faut se conformer aux instructions du fabricant notamment pour le raccordement des capteurs entre eux et les problèmes de dilatation et de pertes de charge qui y sont attachés.

9.2. • Dispositif d'équilibrage

L'équilibrage hydraulique d'une installation a pour objectif d'alimenter chaque capteur à son débit nominal (conforme aux prescriptions du fabricant). La pompe de circulation est dimensionnée pour le débit total nominal et pour vaincre les pertes de charge du circuit le plus défavorisé, c'est-à-dire aux pertes de charge les plus élevées. Les autres circuits présentant des pertes de charge plus faibles sont donc soumis à une pression différentielle trop importante, générant des sur débits.

L'équilibrage hydraulique consiste à mettre en place des organes de réglage pour équilibrer les pertes de charge des circuits et ainsi répartir les débits.

Pour assurer un équilibrage correct du champ de capteurs, le raccordement selon le principe dit « de Tichelmann » doit être évité. L'utilisation de vannes d'équilibrage avec lecture de débit doit être préférée.

Commentaire

Si les batteries de capteurs raccordées en parallèle sont identiques, elles peuvent être reliées hydrauliquement suivant le principe de Tichelmann. Cette mise en œuvre particulière nécessite une très bonne connaissance des longueurs. Les pertes de charges des collecteurs doivent être très faibles comparativement à celles des batteries de capteurs. Une boucle de Tichelmann ne permet pas une correction de l'équilibrage entre batteries lors des opérations d'entretien et maintenance.



Le concepteur doit spécifier le choix et l'emplacement des vannes d'équilibrage. Une vanne d'équilibrage générale doit être mise en œuvre sur le départ général qui alimente le champ de capteurs. Elle est de préférence avec indicateur de débit afin de vérifier que le débit circulant dans l'installation est proche du débit calculé. Elle permet notamment :

- de mesurer et de régler le débit nominal pour obtenir le point de fonctionnement de la pompe de circulation de la boucle solaire ;
- de faire travailler les vannes d'équilibrage situées sur chaque batterie de capteurs sur une plage d'ouverture optimale et de limiter le risque de les colmater prématurément.

Chaque batterie de capteurs doit être équipée d'une vanne d'équilibrage permettant de régler et répartir avec précision le débit imposé dans chacune d'elles.

Dans le cas d'une installation avec capteurs remplis en permanence, la vanne doit être prévue en aval de la batterie, de manière à créer une surpression locale, favorisant la purge. Dans ce cas, elle doit résister aux hautes températures et son volant retiré.

Si un échangeur externe est mis en place, il fonctionne avec un équilibre calorifique entre le primaire et le secondaire. Une vanne d'équilibrage, de préférence avec indicateur de débit, est nécessaire côté secondaire, entre l'échangeur et les ballons de stockage solaires.

Le matériel doit être accessible pour les opérations d'équilibrage, d'entretien et de maintenance. Les vannes d'équilibrage doivent être sécurisées afin d'éviter toute dérive éventuelle liée à l'action d'une personne non spécialisée.

9.3. • Canalisations

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

La mise à la terre des conduites (conformément à la NF C 15-100) permet d'éviter tout potentiel électrique parasite entre les éléments de l'installation qui sont en contact avec l'antigel. Pour cela, une borne de mise à la terre sur les conduites de départ et de retour (position au choix) doit être prévue. Les bornes de mise à la terre par le câble de liaison équipotentielle (minimum 6 mm²) doivent être raccordées à la barrette de terre du bâtiment.

Le cheminement des fluides doit être pris en compte dès la phase de conception. Il faut :

- limiter 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, des pertes de charge admissibles et du type de liquide caloporteur utilisé. Les canalisations doivent être d'un diamètre suffisant pour permettre la circulation du liquide caloporteur au débit recommandé, avec une perte de charge limitée à 20 mm eau/m.

Commentaire

Pour des concentrations en antigel inférieures à 45% en poids, il convient de majorer les pertes de charges du circuit par un coefficient moyen de 1,2 pour des tubes en cuivre et 1,1 pour des tubes en acier.

Les tuyauteries du circuit primaire doivent être d'un diamètre suffisant pour permettre la circulation du liquide caloporteur au débit recommandé, en général 15 à 70 l/h par m² de capteur, avec une vitesse de circulation comprise entre 0,4 et 1 m/s.

Le diamètre intérieur est donné par la relation suivante :

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

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 :

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

Avec :

- Di : diamètre interne exprimé en (mm)
- S : surface de capteurs en (m²)

9.4. • Isolation thermique

Une mauvaise isolation des tuyauteries dégrade les performances d'une installation solaire. L'ensemble des canalisations (y compris les coudes, les tés, les raccords, les points de fixation) doit être calorifugé, sans interruption.

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). Ils peuvent être munis d'une protection mécanique telle que tôle galva ou inox.



L'isolation thermique du réseau est au minimum de classe 2 pour les canalisations intérieures et de classe 3 pour les canalisations extérieures.

9.5. • Vannes d'isolement

Les batteries de capteurs peuvent être équipées de vannes d'isolement.

Dans ce cas, chaque portion pouvant être isolée doit être équipée d'une soupape de sécurité appropriée (résistant à des températures élevées d'environ 140°C) de dimensions adéquates et raccordée à un bidon de récupération. Les vannes d'isolement doivent pouvoir être manœuvrées sans modifier le réglage des débits.

Commentaire

Préconiser des vannes d'isolement pour chaque batterie de capteurs (bien que facilitateur pour certaines actions de maintenance) est complexe et coûteux à mettre en œuvre sur le terrain.

9.6. • Système de purge et dégazage (cas des installations avec capteurs remplis en permanence)

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.

La boucle de transfert solaire (avec liquide glycolé) est de préférence équipée de purgeurs manuels. Pour simplifier la maintenance, une bouteille de purge est mise en œuvre.

Dans le cas de purgeurs automatiques, une vanne de sectionnement est prévue pour éviter la vidange du circuit primaire par dégazage en cas de montée anormale en température du capteur (cas de la stagnation). Les purgeurs doivent être équipés d'un boîtier en laiton, en cuivre ou en inox. Ils sont préférés de type séparateurs de microbulles. Les purgeurs à flotteur ont tendance, dans le temps, à coller.

Un dégazeur est fortement conseillé.

9.7. • Système d'expansion (cas des installations avec capteurs remplis en permanence)

Le système d'expansion permet de :

- maintenir la pression dans le circuit ;
- compenser la rétractation ;
- absorber la dilatation du fluide ;
- absorber le volume contenu dans les capteurs solaires en cas de vaporisation.

Pour les installations avec capteurs remplis en permanence, le dispositif d'expansion à mettre en œuvre doit être constitué d'un vase d'expansion. Il peut être fermé à pression variable ou à maintien de pression constante.

Commentaire

Les groupes de maintien de pression sur l'eau (fermé à compresseur, fermé à circulateur ou à bête ouverte) ne permettent pas d'assurer leur fonction d'expansion en cas de coupure électrique.

Le système d'expansion doit être placé sur le circuit de retour de la boucle solaire (vers les capteurs). Dans le cas d'un circulateur à forte pression de refoulement, le système d'expansion doit être monté à l'aspiration du circulateur. Il doit comporter un dispositif manœuvrable (normalement fermé) de purge d'air et un dispositif d'isolement manœuvrable à l'aide d'un outil pour les opérations d'entretien. 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 totale.

9.7.1. • Détermination de la pression de gonflage

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

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

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. Sachant que 1 m de colonne d'eau équivaut à 0,1 bar ;
- 0,3 est la marge nécessaire pour être certain que la pression relative, en haut des capteurs, ne soit jamais inférieure à la pression de vaporisation, y compris en cas de grand froid ;



- 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 21) pour différentes températures maximales de fonctionnement.

| | | Plage usuelle | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|---------------|-----|-----|-----|
| Température (°C) | | 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 21: Pression de vaporisation de l'eau glycolée (pression relative)



La pression de gonflage du vase doit être indiquée, de manière lisible et indélébile, sur l'installation à un endroit facilement accessible.

9.7.2. • Détermination du volume du vase

Commentaire

Le système d'expansion est dimensionné pour absorber la totalité du volume contenu dans les capteurs solaires et la dilatation du liquide caloporteur. Même si la régulation ou la mise en œuvre de systèmes permettent d'évacuer les surplus d'énergie en fonctionnement normal, la surchauffe ne peut être évitée notamment dans le cas d'une panne électrique ou encore d'un problème sur le circulateur ou le système de régulation.

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 :

- $V_{\text{de réserve}}$, le volume de réserve (en litres) : afin de maintenir la pression en point haut, prévoir une réserve d'eau dans le vase de 0,5% de la contenance du réseau. A minima, une réserve de 3 litres est conseillée (le fluide est déjà dilaté au moment du remplissage du vase à température ambiante d'où la possibilité d'un manque de fluide en hiver par exemple). On a : $V_{\text{de réserve}} = V_{\text{réseau}} \times 0,005$ avec $V_{\text{réseau}}$ (en litres) ;
- $V_{\text{capteurs} + 10\%}$, le volume des capteurs (en litres) majoré de 10% : le volume du capteur est pris en compte dans le calcul du vase afin d'absorber la surchauffe lors d'un éventuel arrêt de l'installation (coupure électrique, problème sur le

circulateur...). Lors du refroidissement des capteurs, la totalité du fluide contenu dans ces derniers avant la surchauffe doit leur être restituée. En effet, si le vase est de contenance trop faible, les effets de surpression provoquent l'ouverture des soupapes de sécurité et un complément de fluide est à prévoir. Il est conseillé de prévoir une majoration de 10% de la contenance des capteurs. On a : $V_{\text{capteurs}+10\%} = V_{\text{capteurs}} + (V_{\text{capteurs}} \times 0,1)$;

- $V_{\text{dilatation}}$, le volume de dilatation $V_{\text{dilatation}}$ (en litres) : il est fonction du volume du réseau (y compris les capteurs) et de la dilatation de l'eau glycolée à température maximale de fonctionnement. On a : $V_{\text{dilatation}} = V_{\text{réseau}} \times \text{Coefficient d'expansion}$ avec $V_{\text{réseau}}$ (en m³).
- P_{finale} (en bar) : pression finale du vase fixée en général à 0,9 x pression de tarage des soupapes de sécurité (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 22) donne le coefficient d'expansion en l/m³ en fonction du pourcentage de glycol et de la température maximale de fonctionnement. Généralement, le coefficient d'expansion est pris pour une température de 120°C.

Commentaire

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

| Coefficient d'expansion (l/m ³) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Teneur en glycol (%) | Températures (°C) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | -20 | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 |
| 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 22 : Coefficient d'expansion exprimé en l/m³

9.8. • 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, soit une soupape à contrepoids, soit une soupape à ressort. Elle doit être conforme à la norme NF P 52-001.

Elle doit être raccordée à un réservoir de récupération présentant une capacité suffisante. La tuyauterie d'échappement de la soupape doit être rigide et résister aux hautes températures.

Chaque section du champ de capteurs qui peut être isolée doit être munie d'une soupape de sécurité adaptée.

La soupape de sécurité est tarée à une pression inférieure de 10% à la pression maximale de service.



La pression d'ouverture de la soupape doit être tarée à une valeur inférieure à la pression maximale admissible par l'organe de l'installation le plus faible, généralement les capteurs solaires.

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 :

$$d = 15 + 1,4\sqrt{P}$$

avec d au minimum égal à 26 mm.

Le diamètre de la conduite de raccordement de la soupape ne doit pas être inférieur au diamètre nominal d'entrée de la soupape de sécurité.

9.9. • Pompe de circulation

La pompe de circulation de la boucle solaire assure la circulation du liquide caloporteur dans les canalisations dans le respect des débits souhaités. Il peut être fixe ou variable suivant la conception de l'installation.

Les circulateurs sont à rotor noyé (le rotor est refroidi par l'eau du circuit) ou à rotor sec (le moteur est dissocié du corps du circulateur et est ventilé par l'air).

Les circulateurs sont à vitesse fixe (choisie par commutation manuelle parmi plusieurs vitesses) ou à vitesse variable.

Depuis le 1^{er} janvier 2013, les circulateurs sans presse étoupe (à rotor noyé) mis en vente doivent respecter une valeur limite d'IEE (Indice d'Efficacité Énergétique) de 0,27. Le seuil est abaissé à 0,23 à partir du 1^{er} août 2015.

Cette exigence est imposée par le Règlement européen n°641/2009 modifié concernant les circulateurs sans presse étoupe portant application de la Directive 2005/32/CE EuP (Energy using products).

Ne sont pas concernés les circulateurs pour l'eau potable, pour le bouclage d'eau chaude sanitaire en particulier.

Pour les circulateurs intégrés aux produits (chaudières, préparateurs d'eau chaude sanitaire...) et les circulateurs conçus pour les circuits primaires des installations solaires thermiques et des pompes à chaleur, la date de mise en application est le 1^{er} août 2015.



A partir du 1^{er} août 2015, les circulateurs à rotor noyé conçus pour les circuits primaires des installations solaires thermiques et mis en vente doivent respecter une valeur limite d'IEE de 0,23.

Une pompe de circulation est déterminée par sa courbe caractéristique d'évolution de la pression différentielle en fonction du débit.

Le point de fonctionnement s'établit à l'intersection de la caractéristique de la pompe de circulation et de la caractéristique des pertes de charge du réseau (qui évoluent de façon quadratique en fonction du débit).

Le choix d'un de la pompe de circulation nécessite de connaître :

- le débit à mettre en circulation ;
- la pression différentielle nécessaire.

La pompe de circulation de la boucle primaire est sélectionnée en fonction du débit préconisé dans les capteurs solaires.

Si la distribution solaire est équipée d'un échangeur à plaques extérieur intermédiaire (contenance du réseau en liquide glycolé jugée trop importante), la pompe de circulation de la boucle secondaire de l'échangeur est sélectionnée en fonction du débit de la boucle solaire : un fonctionnement en iso-débit calorifique optimise l'échange.

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 pression différentielle (généralement désignée hauteur manométrique totale (HMT) du circulateur) fournie par la pompe de circulation doit être telle qu'elle compense les pertes de charge du circuit desservi le plus défavorisé, c'est-à-dire celui présentant les pertes de charge les plus élevées. Les pertes de charge sont calculées pour le débit nominal de l'installation. Le réseau doit être dimensionné pour une perte de charge linéique maximale de 20 mm eau/m (en liquide glycolé).



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 des concentrations en antigel inférieures à 45% en poids, il convient de majorer les pertes de charges du circuit par un coefficient moyen de 1,2 pour des tubes en cuivre et 1,1 pour des tubes en acier.

Commentaire

Le dimensionnement doit être légèrement surestimé (de l'ordre de 10 à 15 %) car d'une part, la distribution peut subir au cours de son existence quelques dégradations (corrosion, embouage, entartrage) et d'autre part, le réseau fait l'objet, à posteriori, d'opérations d'équilibrage, et donc une augmentation des pertes de charge singulières du réseau.

Les circulateurs à vitesse variable régulent la pression différentielle face à des variations de pertes de charge du circuit, en réduisant leur vitesse.

Les circulateurs à vitesse variable sont caractérisés par une zone de fonctionnement entre une vitesse maximale et une vitesse minimale.

Le point de fonctionnement nominal doit se situer en partie supérieure de la zone grisée afin que la variation de vitesse puisse s'opérer. Il ne doit pas être localisé dans les zones en haut à gauche et en bas à droite pour lesquelles le rendement est faible. Un débit minimal est généralement imposé par le fabricant, de l'ordre de 10%.

Le concepteur doit veiller au respect de la pression minimale à l'aspiration de la pompe ainsi que du fonctionnement permanent en phase liquide (la présence d'air étant très nuisible pour la durabilité de la pompe).



Les circulateurs à vitesse variable doivent faire l'objet d'un dimensionnement sur la base du débit et de la pression différentielle souhaités.

Un robinet de réglage (ou une vanne d'équilibrage permettant en outre de contrôler le débit) est installé chaque fois qu'il est nécessaire d'adapter les caractéristiques du circulateur à celles du réseau. Afin d'éviter tout risque éventuel de cavitation, le robinet de réglage est placé du côté du refoulement du circulateur. Le robinet de réglage peut être à mesure de débit avec prises de pression intégrées, ou avec indication visuelle du débit. A défaut, il peut être prévu des prises de pression permettant de mesurer la hauteur manométrique du circulateur.

Commentaire

Bien que l'ajustement du point de fonctionnement puisse être réalisé par une modification de la consigne de pression différentielle, une vanne d'équilibrage en série avec le circulateur (préférentiellement sur le retour du circuit) est conseillée pour ses fonctions de réglage et de mesure de débit.

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.

Des vannes d'isolement doivent être positionnées en amont et en aval du circulateur permettant une maintenance (possibilité d'intervenir sans vidanger l'installation).

Commentaire

Pour assurer le fonctionnement de l'installation solaire et donc la production solaire, il peut être envisagé de doubler à l'identique l'ensemble circulateur et vannes d'isolement. L'ensemble est posé sur une branche en bipasse du circulateur de base.

9.10. • Système évitant l'inversion du sens d'écoulement (cas des installations avec capteurs remplis en permanence)

Un système anti-thermosiphon permet d'éviter l'inversion du sens de l'écoulement. Il est indispensable lorsque le dispositif de stockage est situé au même niveau ou en dessous des capteurs solaires car bien que les tuyaux soient de petits diamètres, un thermosiphon pourrait se déclencher la nuit, les capteurs s'étant refroidis, en sens inverse et provoquer un refroidissement du ballon de stockage.

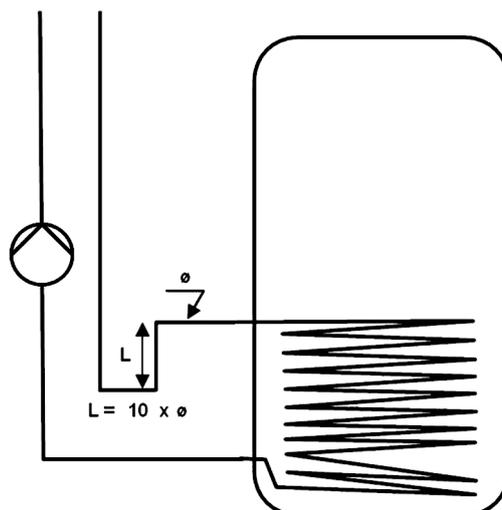
Le système anti-thermosiphon permettant d'éviter l'inversion du sens de l'écoulement peut être assuré par un clapet anti-thermosiphon. Il crée une résistance suffisante pour empêcher le thermosiphon de s'amorcer.

Ces organes sont à clapet, à ressort ou à disque de retenue. Ils doivent présenter des pertes de charge aussi réduites que possible (< 0,3 m eau).

Pour une installation avec échangeur immergé, le clapet doit être placé sur le circuit de retour de la boucle solaire (vers les capteurs).

Pour une installation avec échangeur externe, le clapet doit être installé sur le secondaire de l'échangeur solaire, c'est-à-dire entre le ballon de stockage et l'entrée de l'échangeur.

La mise en œuvre d'une lyre anti-thermosiphon est recommandée. Elle est à confectionner (10 x le diamètre de la conduite) sur le départ du ballon de stockage (Figure 23).



▲ Figure 23 : Exemple de lyre anti-thermosiphon

9.11. • La protection contre le gel

La protection contre le gel est assurée par l'utilisation d'un liquide caloporteur non gélif.

Généralement l'échangeur solaire est de type simple paroi. Dans ce cas, il est nécessaire de vérifier que l'antigel utilisé est autorisé pour une utilisation dans les installations de traitement thermique des eaux destinées à la consommation humaine fonctionnant en simple échange. Les avis favorables sur les produits émis par l'ANSES sont disponibles sur le site internet www.anses.fr.

Un type unique de liquide doit être utilisé sur une installation, certains liquides présentant des incompatibilités avec d'autres, notamment en raison de la composition de leurs inhibiteurs de corrosion.

Le choix du liquide antigel doit être fait en accord avec les prescriptions du fabricant. La compatibilité du liquide antigel est réputée satisfaite :

- avec les absorbeurs pour les liquides préconisés dans la notice technique des capteurs ;
- avec l'ensemble de l'installation pour les liquides préconisés dans la notice technique des installations préfabriquées en usine, sous réserve du strict respect des instructions du fabricant.

Le liquide antigel doit être choisi pour assurer une protection contre le gel suffisante, selon la température minimale du lieu considéré. A titre d'exemple, le tableau de la (Figure 24) donne la correspondance entre la température de protection et la concentration de mono propylène glycol (pour un type de glycol donné).

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

▲ Figure 24 : Température de protection assurée selon la concentration en mono propylène glycol



Il ne s'agit que d'un exemple à ne pas généraliser. Les valeurs sont différentes selon le type de glycol utilisé.

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%. En effet, 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. En outre, à basse température, le circulateur risque de ne pas démarrer du fait d'une trop grande viscosité du liquide caloporteur.

Le liquide antigel et les additifs utilisés doivent être stables aux températures pouvant être atteintes dans l'installation. La température maximale considérée vis-à-vis du liquide caloporteur est la température de stagnation.

L'utilisation d'un liquide caloporteur « prêt à l'emploi » est fortement recommandée.

9.12. • Dispositif de remplissage, de vidange et de prélèvement

Il y a lieu de prévoir un dispositif de remplissage et de vidange de la boucle solaire, qui réponde 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. 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 au niveau 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.

9.13. • 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 et de réglage de débit (vannes de réglage, débitmètre, prises de pression en amont et aval du (des) circulateur(s)), y compris côté sanitaire ;
- d'un dispositif d'isolement du vase d'expansion, ce dernier est souvent un clapet à ressort intégré dans le raccord du vase. Si ce dispositif est une vanne, la poignée de manœuvre de la vanne d'isolement en dehors des contrôles doit être retirée après ouverture afin d'éviter toute fausse manœuvre ;
- d'un dispositif de mesure des températures au niveau des entrées et sorties de l'échangeur solaire côtés primaire et secondaire (par exemple, quatre thermomètres ou à partir de la régulation solaire) ;
- d'une régulation avec écran permettant a minima la lecture des paramètres principaux (température, ordre du (des) circulateurs, réglages...).

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

9.14. • L'échangeur solaire

L'échangeur de chaleur solaire, qu'il soit intégré ou externe au dispositif de stockage solaire, doit être reconnu conforme par son constructeur, notamment vis-à-vis de la tenue aux températures et aux pressions maximales pouvant être atteintes par l'installation.

Les matériaux constituant l'échangeur solaire doivent être adaptés à un fonctionnement avec le liquide caloporteur utilisé.

Les échangeurs extérieurs sont généralement à plaques, en acier 316L avec joints Nitrile ou à plaques brasées. Dans le cas d'installations avec échangeur intégré au ballon de stockage solaire, l'échangeur placé en bas de ballon doit être en cuivre, en inox ou en acier émaillé et isolé électriquement.



L'installation doit comporter un moyen donnant la possibilité de contrôler l'existence d'une fuite éventuelle. L'instruction technique n°235 propose une solution pour satisfaire à cette obligation : la mise en place d'un système de vannes sur l'entrée et la sortie de l'échangeur permettant son isolement et une vanne de mise à l'air libre du côté du liquide caloporteur de l'échangeur ainsi isolé.

Si l'installation n'est pas de type stockage en eau technique :

- le réseau d'eau potable doit être protégé contre les pollutions au travers des parois de l'échangeur. Les exigences fixées par l'article 16.9 du règlement sanitaire départemental type (RSDT) et l'instruction technique n°235 de décembre 1982 doivent être respectées ;
- un échangeur simple paroi ne peut être utilisé que si le « fluide vecteur » qui le traverse ne contient strictement que des produits ayant reçu un avis favorable de l'ANSES. Toutefois, l'une des conditions suivantes doit être respectée :
 - l'installation est conçue de telle manière que la pression de l'eau potable soit en permanence supérieure à la pression du liquide caloporteur en tout point de l'échangeur ;
 - la conception et le choix des matériaux de l'échangeur permettent de limiter les risques de détérioration. L'acier inoxydable au titane, l'acier inoxydable, le cuivre en tube conforme à la norme NF EN 1057 permet de répondre à cette exigence. On parle alors d'échangeur de classe B. Dans tous les autres cas, le dispositif doit avoir une double paroi (échangeur de classe A) ou être équipé d'un dispositif de double échange afin d'éviter les risques de contact.
- l'installation doit être conçue de telle façon que la pression de l'eau potable à l'intérieur de l'échangeur soit en permanence supérieure à la pression régnant en tout point de la boucle solaire.

L'échangeur extérieur à plaques doit être raccordé en contre-courant. Une circulation à contre-courant permet d'assurer un échange de chaleur maximal et une homogénéisation des températures.

Les pertes de charge maximales côté primaire et côté secondaire de l'échangeur doivent être inférieures à 2 m eau (20 kPa).

Des vannes d'isolement sont positionnées au niveau des entrée(s) et sortie(s) de l'échangeur. Elles permettent une maintenance facilitée (possibilité d'intervenir sans vidanger l'installation).

Les caractéristiques pour le calcul de la puissance de l'échangeur sont les suivantes :

- dimensionnement en contre-courant ;
- température en entrée du primaire de l'échangeur : 40°C ;
- température en entrée du secondaire de l'échangeur : 20°C ;



- écart de température entre l'entrée du primaire et la sortie du secondaire de l'échangeur solaire (pincement) de 5°C ;
- dimensionnement en iso-débit calorifique : le rapport entre les débits calorifiques du primaire et du secondaire de l'échangeur doit être égal à 1.

On rappelle que le débit calorifique d'un fluide est le produit entre son débit massique et sa capacité calorifique massique (C_p). Le débit massique au secondaire ($\dot{m}_{\text{secondaire}}$) de l'échangeur solaire se détermine conformément à la formule suivante :

$$\dot{m}_{\text{secondaire}} = \frac{\dot{m}_{\text{primaire}} \times C_{p \text{ primaire}}}{C_{p \text{ secondaire}}}$$

Avec :

- $\dot{m}_{\text{primaire}}$: débit massique du fluide au primaire de l'échangeur, en kg/s. Les valeurs pour le réglage du débit du circuit primaire sont généralement comprises entre 40 et 60 l/h par m² de capteurs ;
- $\dot{m}_{\text{secondaire}}$: débit massique du fluide au secondaire de l'échangeur, en kg/s ;
- $C_{p \text{ primaire}}$: la capacité calorifique massique du fluide au primaire de l'échangeur, en kJ/kg.K. Ici 3,58 kJ/kg.K pour un glycol de type mono propylène avec une concentration de 30% ;
- $C_{p \text{ secondaire}}$: capacité calorifique massique du fluide au secondaire de l'échangeur, en kJ/kg.K. Ici 4,19 kJ/kg.K pour de l'eau.

Commentaire

La puissance de l'échangeur doit respecter un minimum de 700 W/m² de capteurs solaires et son coefficient d'échange de 100 W/m²_{de capteurs solaires}.K.



Pour éviter toute perte de production solaire, mieux vaut légèrement surdimensionner l'échangeur de chaleur solaire.

9.15. • Cas des installations autovidangeables

Ce chapitre traite des spécificités liées à des installations de type autovidangeable.

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 avec capteurs remplis en permanence, elle dépend uniquement de la hauteur statique générée par le volume de fluide.

9.15.1. • Capteurs solaires

Les capteurs solaires et les raccords entre capteurs doivent pouvoir se vidanger totalement et être à un niveau supérieur de celui du local technique. Il n'est néanmoins pas nécessaire qu'ils soient tous au même niveau, la différence de niveau devant alors être compensée par les vannes de réglage.

Le collecteur extérieur d'alimentation des capteurs doit être en tous points plus bas que le collecteur interne bas des capteurs.

9.15.2. • Pénétrations

Pour les systèmes autovidangeables, une tuile à douille ou une souche doit être préconisées afin de ne pas créer un point haut en toiture.

9.15.3. • Raccordement hydraulique des capteurs



Dans cas d'une installation autovidangeable, l'ensemble des capteurs solaires (et les canalisations susceptibles d'être exposées au gel en cas d'emploi de l'eau comme fluide) doivent pouvoir être vidangés complètement. La conception de l'absorbeur implique une disposition précise des capteurs pour certains fabricants (paysage ou portrait). En conséquence, tous les capteurs ne sont pas nécessairement adaptés à un fonctionnement autovidangeable. Le professionnel doit s'assurer que les capteurs sont bien adaptés à ce type de fonctionnement.

Dans le cas d'installations autovidangeables, les canalisations de raccordement des capteurs doivent de préférence présenter des pentes continûment descendantes vers le réservoir, avec un minimum imposé par le fabricant (jamais moins que 0,01 m par m). Si le circuit est rempli en glycol cette pente n'est pas obligatoire.

Commentaire

Plus les installations présentent une surface de capteurs importante, plus le respect de cette pente minimum est difficile à tenir.



9.15.4. • Raccords

Pour les installations autovidangeables, les joints fibres sont proscrits (ne supportent pas le régime d'alternance sec/mouillé). L'utilisation de raccords coniques métalliques est recommandée.



Dans le cas d'installations autovidangeables, les assemblages mécaniques ne doivent pas contenir de joint à fibres ou de filasse. Ils risquent de s'assécher ou de se rétracter du fait du remplissage et de la vidange cyclique du circuit.

9.15.5. • Vannes d'équilibrage

Chaque batterie de capteurs doit être équipée d'une vanne d'équilibrage permettant de régler et répartir avec précision le débit imposé dans chacune d'elles. Dans le cas d'une installation autovidangeable, la vanne doit se trouver en amont de la batterie : en effet, de l'air est prisonnier en point haut, et même en fonctionnement en régime établi, il est possible qu'un reliquat d'air soit présent dans la partie haute de la batterie.

9.15.6. • Purges d'air, séparateurs d'air



Compte tenu de la conception spécifique des installations autovidangeables, aucune purge d'air au niveau des capteurs solaires ne doit être mise en œuvre.

9.15.7. • Protection contre le gel

Dans le cas des installations autovidangeables, cette protection est assurée par la conception même de l'installation et par le fait d'utiliser du monopropylène-glycol.

Dans le cas d'installation avec antigel avec un échangeur simple paroi, il est nécessaire de vérifier que l'antigel utilisé est autorisé. Les avis favorables sur les produits émis par l'ANSES sont disponibles sur le site internet www.anses.fr.

Commentaire

Actuellement, le principe d'autovidange est préconisé non pas pour éviter les risques de gel (les installations autovidangeables utilisent du glycol en réponse à la non garantie de vidangeabilité totale des batteries de capteurs et aux éventuelles erreurs de conception) mais pour répondre aux contraintes liées à l'intermittence de l'utilisation de l'eau chaude sanitaire tout au long de l'année et à la fermeture estivale éventuelle. Ceci ne doit en aucun cas conduire à un surdimensionnement de la surface de capteurs mise en place.



9.15.8. • Système d'expansion

Pour les installations autovidangeables, un système 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.

9.15.9. • Soupape de sécurité

Compte tenu de la conception spécifique des installations autovidangeables, la pose d'une soupape de sécurité 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 serait entièrement rempli de fluide et que la procédure de remplissage ne soit pas respectée.

9.15.10. • Système évitant l'inversion du sens d'écoulement

Compte tenu de la conception spécifique des installations autovidangeables, la pose d'un clapet anti-thermosiphon ne doit pas être mis en œuvre.

Le réservoir de vidange permet d'éviter toute circulation inverse par thermosiphon dans le circuit hydraulique irriguant les capteurs.

9.15.11. • Pompe de circulation

Dans le cas d'un système autovidangeable, la pompe assurant la circulation du liquide caloporteur ne doit pas seulement compenser les pertes de charge mais aussi et surtout vaincre la hauteur manométrique entre le réservoir de vidange du liquide et le point haut de l'installation.

La pompe doit permettre de remonter le fluide au niveau le plus haut de l'installation.

Commentaire

La puissance de la pompe est identique à celle nécessaire pour le même circuit avec capteurs remplis en permanence dans tous les cas où la différence de niveau entre le haut des capteurs et le bas du réservoir (pression statique) est identique ou inférieure aux pertes de charges du circuit à débit nominal (pression dynamique).

La hauteur manométrique à débit nul doit être capable de vaincre la différence d'altitude entre le haut du réservoir de vidange et le haut des capteurs. De plus, la NPSH (Net Positive Suction Head : hauteur de colonne d'eau entre l'altitude de la pompe et celle de la vapeur saturante dans le circuit) doit être adaptée à la pompe choisie pour éviter tout risque de cavitation.



9.15.12. • Réservoir de récupération

Le volume du réservoir de vidange doit permettre de recevoir le volume de liquide des capteurs lorsque la pompe s'arrête et accepter la dilatation du fluide lorsque celui-ci monte en température en fonctionnement. Ainsi le volume du réservoir doit correspondre au volume des capteurs majorés du volume nécessaire à la dilatation du fluide :

$$V = V_{\text{capt}} + (V_{\text{fl}} \times F_{\text{dil}})$$

Avec :

- V : volume du réservoir de récupération ;
- V_{capt} : volume contenu dans les capteurs ;
- V_{fl} : volume total de fluide contenu dans le circuit ;
- F_{dil} : facteur de dilatation du fluide entre la température ambiante (10°C par défaut) et la température maximale prévisionnelle atteinte dans les capteurs (pour des capteurs plans, par défaut 130°C).

Si le réservoir est installé à l'extérieur, il est prévu en inox 304. Si il est installé à l'intérieur il peut être en acier noir. Il est calorifugé et protégé contre la condensation.

Le réservoir doit être mis en œuvre au dessus de la pompe de circulation et en dessous du bas des capteurs.

La différence de hauteur entre l'axe de la pompe de circulation et le piquage bas du réservoir de vidange doit être supérieure à la NPSH de la pompe (Net Positive Suction Head), correspondant à la pression d'aspiration minimum de la pompe.

La différence de hauteur entre le collecteur haut des capteurs et le piquage bas du réservoir doit être inférieure à la hauteur manométrique de la pompe à débit nul.

Commentaire

Dans le cas d'un système autovidangeable, la pompe assurant la circulation du liquide caloporteur doit compenser les pertes de charge et vaincre la hauteur manométrique entre le réservoir de vidange et le point haut de l'installation.

La position du réservoir doit permettre à la pompe déterminée soit suffisante pour compenser les pertes de charges du circuit et remonter le liquide dans les capteurs : la hauteur statique du circuit doit être inférieure à la perte de charge du circuit en régime établi.

Le dispositif de stockage solaire

10



Le stockage de l'énergie captée permet de pallier le déphasage entre la ressource solaire et le puisage. L'une de caractéristiques essentielles de l'aptitude à l'emploi du stockage est de fournir, à l'entrée des capteurs solaires, un fluide dont la température est la plus basse possible.

10.1. • Critères de choix des ballons de stockage solaire

La tenue à la température et à la pression des ballons de stockage doit être compatible avec les températures et pressions maximales pouvant être atteintes. Le revêtement interne doit résister à 95°C en fonctionnement continu.

Commentaire

Il est conseillé de sélectionner des ballons de stockage présentant une garantie minimum de 5 ans.

Dans le cas où l'installation n'est pas de type eau technique, le professionnel doit veiller à ce que le revêtement interne des ballons de stockage de l'eau sanitaire soit de qualité sanitaire (matériaux listés dans les Annexes I, II et III de l'arrêté du 29 mai 1997 ou bénéficiant d'une Attestation de Conformité Sanitaire (ACS) si matériau organique).

Commentaire

L'Attestation de Conformité Sanitaire permet d'évaluer l'aptitude d'un produit à entrer en contact avec l'eau destinée à la consommation humaine, au regard des dispositions réglementaires en vigueur.



Commentaire

La pose d'un ballon inox (ou d'autres revêtements) est possible à condition qu'il soit garanti pour des températures allant jusqu'à 100°C. La pose d'un ballon en acier émaillé ou avec revêtement synthétique ou minéral, équipés d'une anode est possible pour des eaux peu calcaires, peu oxygénées, peu acides. Ces revêtements comportent quelques pores après la cuisson.

10.2. • Raccordement des ballons de stockage solaire

Au-delà d'un certain volume de stockage solaire ou pour des contraintes de hauteur sous plafond du local technique, le volume solaire journalier ne peut-être contenu dans un seul ballon. Si plusieurs dispositifs de stockage centralisé sont installés, ils sont raccordés en série et à contre-courant de la circulation d'eau chaude sanitaire.

Commentaire

Le raccordement des ballons en parallèle ne peut que réduire le volume utile d'eau chaude. En effet :

- avec un raccordement en parallèle, tous les ballons sont alimentés en eau froide. Cela multiplie les surfaces entre l'eau chaude et l'eau froide, donc les volumes aux températures intermédiaires. Avec un montage en série, la zone de contact ne concerne qu'un seul ballon, le volume de stockage utile d'ECS est plus important ;
- l'alimentation en parallèle exige un équilibrage hydraulique parfait. Même pour un faible déséquilibre des débits, un des ballons se vide de son eau chaude avant les autres. On obtient alors de l'eau plus froide au moment des soutirages alors que l'eau des autres ballons reste élevée. On rappelle néanmoins que l'appoint assure la température de production nécessaire.

Quelque soit le nombre de ballons raccordés en série, le ballon où arrive l'eau froide est le plus froid, celui où arrive la sortie de l'échangeur à plaques est le plus chaud.

Le raccordement entre les ballons ne doit surtout pas être équipé de clapet anti retour. L'eau sanitaire est amenée à circuler dans les deux sens selon si on se trouve dans une phase de charge ou de décharge des ballons de stockage.

Le raccordement des canalisations sur le ballon est réalisé avec des raccords démontables vissés sur la vanne d'isolement positionnée au départ de chacun des circuits hydrauliques. Il peut être réalisé des lyres anti thermosiphon évitant une décharge de chaleur dans les canalisations.

Un bipasse plombé doit être mise en œuvre sur l'arrivée en eau froide du ballon d'appoint. Lors d'une intervention sur le volume de stockage solaire, cette vanne normalement fermée permet de le by-passer et d'utiliser ainsi l'appoint en venant directement l'alimenter avec le réseau d'eau froide.

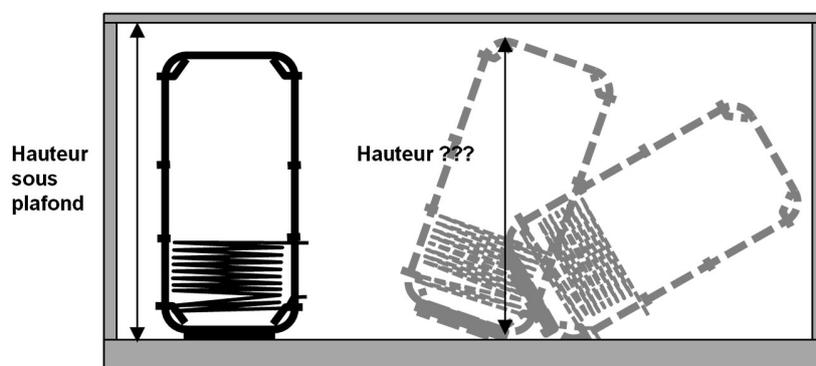
10.3. • Emplacement du ou des ballons de stockage solaire

Les longueurs de canalisations entre le stockage et le champ de capteurs et donc les pertes thermiques doivent être minimisées. Les dispositifs de stockage sont situés dans un local fermé et en zone hors gel.

La résistance mécanique des éléments porteurs recevant les ballons de stockage doit être suffisante pour supporter la charge. Il est conseillé de prévoir une plaque de la dimension du ballon permettant une meilleure répartition du poids sur le plancher.

Les ballons doivent être suffisamment éloignés des murs (20 à 30 cm) afin de permettre les raccordements, le passage des canalisations ainsi que les opérations d'entretien et de maintenance. Ils sont placés à la verticale.

L'encombrement des ballons doit être pris en compte notamment pour les passages de portes ou éventuels escaliers. La hauteur sous plafond du local doit être 20 à 30 cm supérieure à la hauteur des ballons, permettant ainsi un accès aux éléments situés sur le dessus (système de dégazage notamment). Comme vu (Figure 25), la concordance entre la hauteur sous plafond et la longueur de la diagonale du ballon est à vérifier afin de permettre le redressement du réservoir lors de sa mise en place. La mesure basculante indique la hauteur nécessaire pour passer le ballon de stockage de la position couchée à verticale.



▲ Figure 25 : Contrôle de la diagonale du ballon de stockage



10.4. • Accessibilité

La largeur des passages doit être prise en compte pour les accès et évacuation éventuelle du gros matériel. Lors de la création d'une ouverture pour accéder au local technique, il doit être proposé une porte à double battants de plus d'un mètre de libre passage. L'idéal est un accès direct depuis l'extérieur.

10.5. • 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.

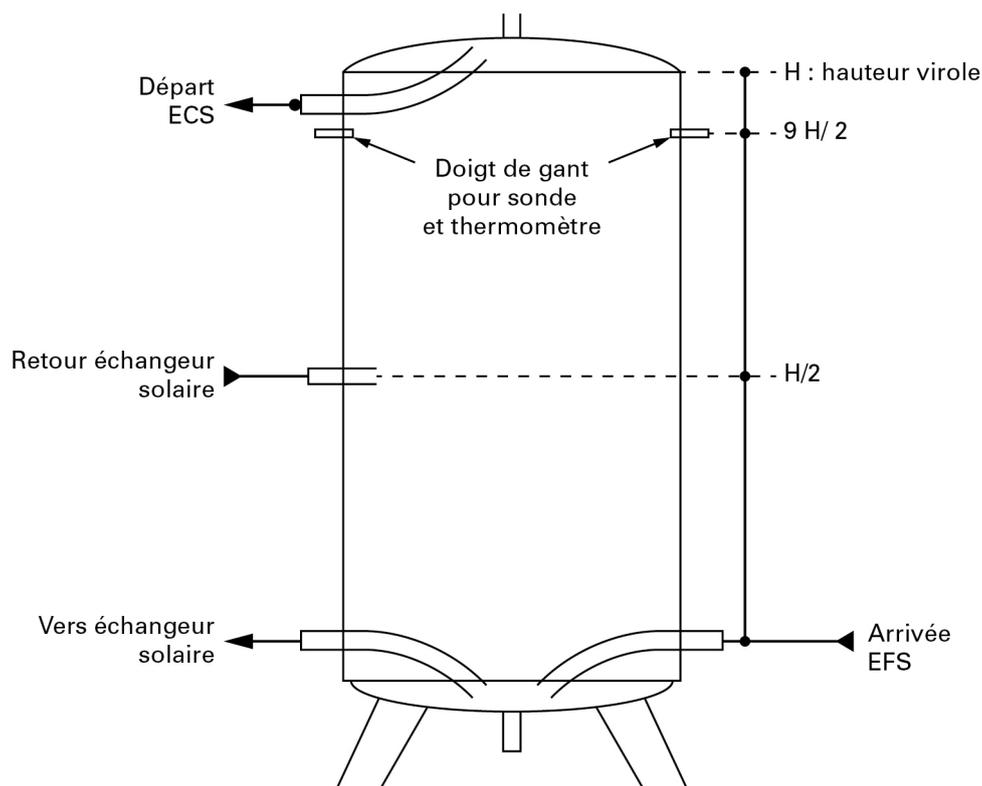
10.6. • Stratification

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. Ceci permet d'optimiser la charge en refroidissant la température de retour vers les capteurs afin de les faire fonctionner aux entrées les plus basses.

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.

Afin d'éviter les zones mortes dans le ballon de stockage et de favoriser la stratification, des déflecteurs sont mis en œuvre en partie basse du ballon et notamment sur l'arrivée d'eau froide et en partie haute sur le départ d'eau chaude sanitaire.

Afin de favoriser la stratification du ballon de stockage, l'implantation des piquages est conforme à la (Figure 26).



▲ Figure 26 : Implantation des différents piquages permettant une bonne stratification du ballon de stockage

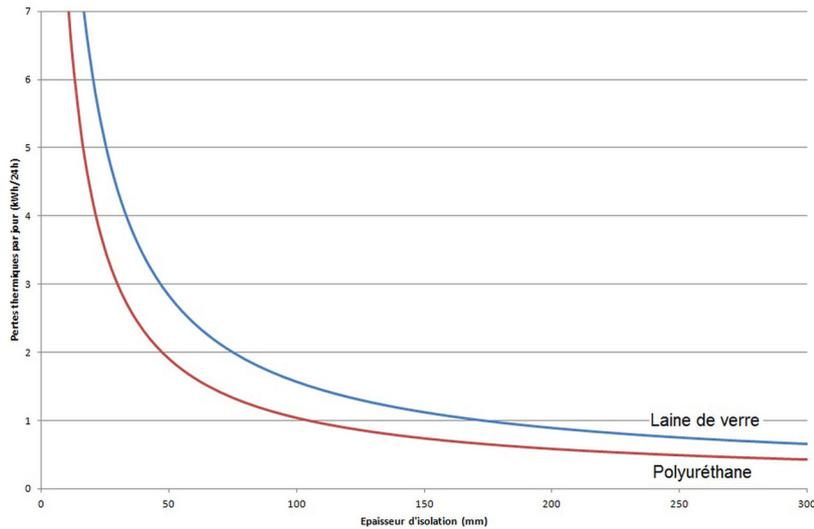
10.7. • Isolation du ou des ballon(s) de stockage solaire

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 27) montre l'évolution des pertes thermiques d'un volume tampon de 2000 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)).



▲ Figure 27 : Evolution des pertes thermiques journalières d'un ballon de stockage de 2000 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)

Comme on le constate sur la (Figure 27), une épaisseur d'isolant de 100 mm semble constituer un optimum. Pour cette épaisseur, les pertes journalières sont d'environ 3,5 kWh pour de la laine de verre et d'environ 2 kWh pour du polyuréthane, soit un écart conséquent entre ces deux isolants.

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

La protection de l'isolation est réalisée par une jaquette M1 minimum.

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.

Commentaire

Un ballon surélevé par un socle en béton est à l'abri des remontées d'humidité dans son isolant en cas de fuite dans le local.

10.8. • Equipements du ou des ballon(s) de stockage solaire

Pour exclure tout risque de corrosion, les appareils émaillés sont munis d'une protection cathodique ou galvanique. Dans un couple électrolytique, c'est toujours l'anode qui se corrode. Le principe est donc de protéger l'acier de la cuve (la cathode) en le mettant en contact avec un métal moins noble que lui (l'anode). L'anode, plongée dans l'eau, généralement en alliage de magnésium, se dissout.

C'est donc un équipement de consommation qu'il faudra surveiller et remplacer quand il arrivera en fin de vie. Il existe actuellement deux technologies pour les anodes :

- anode au magnésium sacrificielle : cette anode doit être remplacée lorsque son usure dépasse 60 %. Son contrôle doit être fait tous les 2 ans ;
- anode électronique en titane (ACI) : une alimentation électrique impose le courant d'électrolyse. L'anode ne se détruit pas, elle n'est donc jamais remplacée.

L'anode électronique est recommandée lorsque l'eau est très dure ou lorsque l'anode en magnésium ne peut pas être remplacée en raison d'un manque d'espace entre le ballon et le plafond. Cette anode n'intervient en rien sur la formation de calcaire, ce n'est pas un adoucisseur.

Commentaire

La protection anodique est inutile dans le cas d'un ballon de stockage en inox.

Dans un ballon de stockage, l'eau sanitaire peut atteindre des températures élevées. Cette montée en température provoque l'expansion du volume d'eau contenu dans le ballon de stockage. La soupape du groupe de sécurité libère de l'eau pour faire baisser la pression. Cet écoulement, bien que normal, est un gaspillage d'eau. En outre, cet écoulement risque de créer une érosion du siège de la soupape, accélérant ainsi le débit de fuite.

Un vase d'expansion sanitaire doit être mis en place. Il est indispensable d'installer un vase d'expansion à passage intégral au travers d'une vessie en butyle alimentaire ou de poser les accessoires rendant le vase traversant par l'eau froide. Les parois du vase sont dites de qualité alimentaire. La plage de variation de température se situe généralement entre 10 et 65 °C. Ce vase est toujours posé sur l'entrée d'eau froide, entre le groupe de sécurité et le ballon.

Les ballons de stockage sont munis d'un dispositif de sécurité pour éviter toute surpression et d'un dispositif de dégazage en partie haute. Un groupe de sécurité composé d'une soupape de sécurité sanitaire est mis en œuvre sur chaque ballon. Un purgeur automatique est fixé sur té en sortie d'eau chaude sanitaire.

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

Les dispositifs de stockage doivent comporter également les équipements permettant d'assurer les opérations d'entretien et de maintenance tels qu'une vanne de purge en partie basse permettant de réaliser la vidange du réservoir et les chasses et un thermomètre à plongeur (à cadran gradué de 0 à 100°C) en partie haute pour le contrôle de la température.



Les ballons de stockage sont équipés d'une trappe de visite ou, à partir de 1000 litres, d'un trou d'homme d'au moins 40 cm, indispensable pour le nettoyage et l'inspection du ballon. Elle est calorifugée avec un tampon fixé par boulons et joint d'étanchéité de qualité alimentaire. Des vannes d'isolement ainsi qu'un espace libre sont réservés autour des appareils et de leurs équipements (thermostat, mitigeur, groupe de sécurité, purgeurs, anode...) pour assurer les opérations d'entretien et de maintenance.

Sur la canalisation d'alimentation en eau froide du ballon de stockage solaire, il est installé :

- des vannes d'isolement ;
- un filtre à tamis inox avec robinet de rinçage ;
- un compteur volumétrique à impulsions ;
- une sonde de température en doigt de gant.

Dans le cadre d'un suivi énergétique, une sonde de température en doigt de gant doit être mise en œuvre en sortie du ballon solaire le plus chaud.



La vanne d'arrivée d'eau froide sur les ballons d'appoint doit être fermée sinon le solaire est « court-circuité ».

Conception et dimensionnement du circuit secondaire (cas des installations de type stockage en eau technique)

11



11.1. • Retour de la boucle d'eau chaude sanitaire

Il est recommandé d'assurer le retour de la boucle d'eau chaude sanitaire uniquement sur l'appoint.

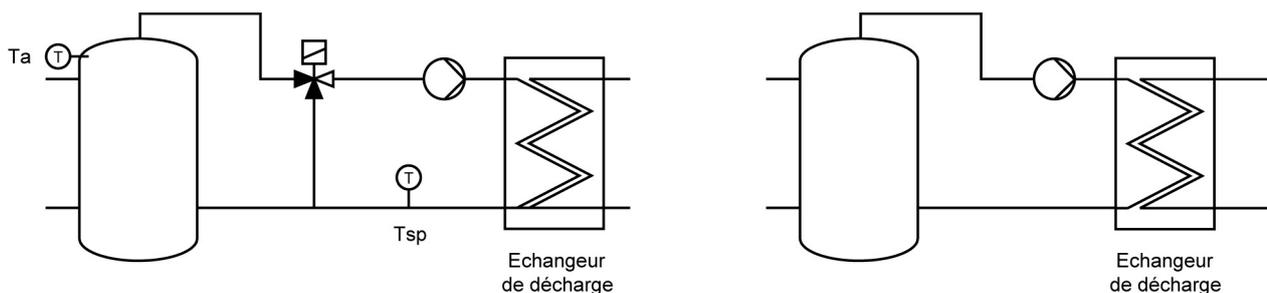
Commentaire

L'intérêt énergétique d'une solution avec retour de boucle sur l'appoint et le solaire ne se justifie pas pour une application présentant des consommations d'ECS continues sur la journée. En outre, la mise en œuvre d'une vanne à trois voies directionnelle complexifie l'installation et risque d'être à l'origine de dysfonctionnements (réchauffage du ballon de stockage solaire notamment).

11.2. • Pilotage du circulateur au primaire de l'échangeur de décharge

Le circulateur du primaire de l'échangeur de décharge peut être asservi au puisage. Dans ce cas, un maintien en température de l'échangeur pendant les périodes de non puisage est recommandé en :

- utilisant une vanne à trois voies permettant un bouclage sur l'échangeur en cas de non puisage ;
- calorifugeant correctement l'échangeur de décharge pour limiter un maximum ses pertes thermiques.



▲ Figure 28 : Schémas de principe d'une configuration de chauffe-eau solaire en eau technique avec maintien en température de l'échangeur de décharge, avec vanne à trois voies (à gauche) et sans vanne à trois voies et circulation permanente (à droite)

La vanne à trois voies présente un fonctionnement tout ou rien. Elle est commandée selon la valeur du différentiel de température (DT) entre la température en haut de ballon solaire (T_a) et celle en sortie du primaire de l'échangeur de décharge (T_{sp}) de sorte que :

- si $T_a - T_{sp} < DT$, la voie directe de la vanne à trois voies est fermée et il n'y a pas de circulation dans le ballon solaire ;
- si $T_a - T_{sp} > DT$, la voie directe de la vanne à trois voies s'ouvre et il y a circulation dans le ballon solaire.

Ce fonctionnement permet de ne pas destratifier le ballon de stockage solaire avec des retours en sortie primaire d'échangeur trop chauds, ce qui peut être le cas avec un fonctionnement permanent sans vanne à trois voies.

Commentaire

La température de l'eau bouclée baisse du fait des pertes thermiques de l'échangeur lors de son maintien en température. Il est donc recommandé de calorifuger correctement l'échangeur de décharge.

Dans le cas d'installations dotées de nombreuses consommations étalées sur la journée, le circulateur du primaire de l'échangeur de décharge peut être régulé sur horloge, sans vanne à trois voies (destratification du ballon de stockage solaire faible).

11.3. • Débit du circuit au primaire de l'échangeur de décharge

Le circulateur de la boucle primaire de l'échangeur de décharge peut fonctionner à débit fixe ou variable.

Fonctionnement à débit variable

Le débit au primaire de l'échangeur de décharge est variable et modulé afin de maintenir un pincement fixe de 2K.

On rappelle qu'il est recommandé, dans le cas d'un asservissement du circulateur au puisage, d'assurer un maintien en température de l'échangeur permettant d'améliorer le temps de réponse de la chauffe de l'ECS en début de puisage.



Le fonctionnement est le suivant :

- quand un puisage d'ECS est détecté, le débit au primaire de l'échangeur de décharge est variable et modulé afin de maintenir un pincement fixe de 2K ;
- en période de non puisage, la vanne à trois voies est fermée et permet un bouclage sur l'échangeur à faible débit fixe (par exemple 200 l/h). Si le différentiel de température (compris entre 5 et 10K) entre le haut du ballon et la sortie de l'échangeur est atteint, la voie directe de la vanne à trois voies s'ouvre permettant ainsi de réchauffer la boucle et de maintenir en température l'échangeur (à la température du ballon solaire).

Fonctionnement à débit fixe



Le débit calorifique minimal doit être celui du circuit secondaire de l'échangeur : le débit de la boucle ECS, et plus précisément le débit maximal puisé, ne doit jamais être supérieur au débit de la boucle en eau technique.

Dans le cas d'un profil de puisage présentant un rapport entre débit de pointe et débit de la boucle solaire faible, un sur-débit de la boucle en eau technique est favorable à la performance solaire de l'installation. La formule permettant d'approcher la valeur optimale de ce sur-débit est la suivante :

$$\text{Valeur de sur - débit} = \sqrt{\frac{Q_{\text{boucle secondaire solaire}}}{Q_{\text{maximal d'ECS puisé}}}}$$

Avec :

- $Q_{\text{boucle secondaire solaire}}$: débit de la boucle secondaire de l'échangeur solaire (l/h)
- $Q_{\text{maximal d'ECS puisé}}$: débit de pointe d'ECS (l/h)



La difficulté réside dans la détermination du débit de pointe d'ECS. Le débit de la boucle en eau technique peut être sous/sur estimé par rapport au débit de pointe réellement constaté. Le bureau d'études doit évaluer au mieux ce débit. Pour cela, il peut :

- idéalement, mesurer le profil de puisage réels du bâtiment concerné sur une journée type (cas d'installation existante) ;
- se baser sur des profils de puisage établis à partir de statistiques de bâtiments existants similaires (par exemple les recommandations de l'AICVF de 2004).



11.4. • Détermination de la puissance de l'échangeur de décharge

Les caractéristiques pour le calcul de la puissance de l'échangeur de décharge sont les suivantes :

- dimensionnement en contre-courant ;
- température en entrée du primaire de l'échangeur : 50°C ;
- température en entrée du secondaire de l'échangeur : température d'eau froide ;
- pincement de 5°C ;
- dimensionnement en iso-débit entre le primaire et le secondaire de l'échangeur de décharge (avec débit équivalent à la pointe de consommation d'ECS maximale).



La puissance de l'échangeur de décharge ne doit pas être inférieure à la puissance de l'échangeur solaire.

L'échangeur de décharge doit être accessible pour les opérations d'entretien et de maintenance. L'échangeur doit pouvoir être isolé. Des vannes d'isolement sont positionnées au niveau des entrée(s) et sortie(s) de l'échangeur. Elles permettent une maintenance facilitée (possibilité d'intervenir sans vidanger l'installation).



Le système de régulation

12



12.1. • Cas des installations avec capteurs remplis en permanence

12.1.1. • Cas des installations avec échangeur immergé

Le mode de régulation est différentiel : le régulateur pilote le circulateur solaire, en fonction de l'écart de température entre la sortie des capteurs et le bas du ballon de stockage solaire. Les valeurs du Différentiel de Démarrage (DD) et du Différentiel d'Arrêt (DA) du circulateur sont réglables par l'installateur.

12.1.2. • Cas des installations avec échangeur extérieur

Le mode de régulation est généralement double différentiel. Le circulateur du primaire de l'échangeur est régulé en regard de l'écart de température entre la sortie des capteurs et le bas du ballon de stockage solaire.

Le circulateur du secondaire est régulé en regard de l'écart de température entre l'entrée de l'échangeur solaire côté primaire et le bas du ballon de stockage solaire. Ce montage permet un démarrage en deux étapes :

- une première étape où la boucle primaire est mise en circulation avec homogénéisation des températures dans les capteurs solaires et dans les canalisations ;
- une seconde étape où le circuit secondaire est mis en service avec transfert d'énergie de la boucle primaire à la boucle secondaire.



Le circulateur secondaire de type « sanitaire » est asservi à celui du primaire : le circulateur secondaire ne peut pas fonctionner si le circulateur du primaire est à l'arrêt.

Pour les installations de taille importante avec échangeur extérieur, une sonde d'ensoleillement peut être mise en œuvre. Elle vient se substituer à la sonde de température au niveau du champ de capteurs solaires. Lorsque la valeur de l'ensoleillement est supérieure au seuil d'enclenchement de la sonde d'ensoleillement, le circulateur du primaire de l'échangeur démarre.

Commentaire

Une régulation de la boucle solaire par sonde d'ensoleillement permet d'éviter des erreurs de mesures de température dues à un défaut d'irrigation des batteries de capteurs solaires. Attention au seuil d'enclenchement de la sonde : un seuil trop bas aura pour conséquence un enclenchement prématuré du circulateur au primaire de l'échangeur solaire.

12.2. • Cas des installations autovidangeables

Au démarrage de l'installation, l'air contenu dans les capteurs solaires est d'abord chassé vers le réservoir de vidange qui va recevoir et isoler l'air du circuit. Après cette phase d'amorçage de quelques minutes, le système fonctionne comme un système solaire avec capteurs remplis en permanence (cf. 12.1).

La pompe s'arrête et le système se vidange par gravité :

- quand l'échange de chaleur aux bornes de l'échangeur solaire n'est plus significatif ;
- quand la température en bas de ballon atteint sa température limite (paramétrée lors de la mise au point de la régulation) ;
- quand la température du liquide caloporteur dépasse sa température de sécurité (paramétrée lors de la mise au point de la régulation).

Comme pour une installation avec capteurs remplis en permanence, l'installation autovidangeable peut être avec échangeur solaire immergé ou extérieur au stockage solaire.



Les installations autovidangeables peuvent impliquer une régulation spécifique distinguant les phases d'amorçage (chasse de l'air) et les phases de fonctionnement de la pompe de circulation. Dans tous les cas, le professionnel doit se conformer aux instructions données dans les notices des fabricants.

12.3. • Quelques compléments

Pour éviter les courts-cycles, des temporisations doivent être prévues sur l'arrêt des pompes (par exemple 5 minutes de marche minimale).

Des protections contre la surchauffe peuvent être mises en place. Dans le cas des installations avec capteurs remplis en permanence, l'installation peut être mise en marche forcée la nuit pour refroidir les ballons jusqu'à un seuil bas (méthode communément appelé « refroidissement nocturne »).

L'arrêt de la pompe primaire, dans le cas des installations autovidangeables, vidange automatiquement les capteurs et arrête l'installation. Cela permet d'éviter les phases vaporisation du liquide caloporteur et donc sa détérioration.

Dans le cas où les sondes seraient situées près de coudes ou d'endroits où le régime du fluide pourrait être perturbé, dans le cas de dysfonctionnement des sondes ou dans le cas d'une mauvaise transmission de données entre les sondes et l'automate de régulation, des valeurs aberrantes peuvent parasiter son fonctionnement. Un mode dégradé doit être mis en place de manière automatique. Celui-ci doit être en accord avec les spécificités de l'installation.

12.4. • Cas des installations de type stockage en eau technique

Le mode de régulation de la boucle solaire est généralement double différentiel (cf. 12.1). Le circulateur de la boucle primaire (en eau technique) de l'échangeur de décharge peut fonctionner à débit fixe ou variable.

Fonctionnement à débit variable

Il est recommandé un débit au primaire de l'échangeur de décharge variable. Il est modulé afin de maintenir un écart de température entre l'entrée au primaire de l'échangeur de décharge et sa sortie au secondaire (appelé pincement) fixe de 2K.

On rappelle qu'il est recommandé, dans le cas d'un asservissement du circulateur au puisage, d'assurer un maintien en température de l'échangeur permettant d'améliorer le temps de réponse de la chauffe de l'ECS en début de puisage. La vanne à trois voies présente un fonctionnement tout ou rien (Figure 28). Elle est commandée selon la valeur du différentiel de température (DT) entre la température en haut de ballon solaire (T_a) et celle en sortie du primaire de l'échangeur de décharge (T_{sp}) de sorte que :

- si $T_a - T_{sp} < DT$, la voie directe de la vanne à trois voies est fermée et il n'y a pas de circulation dans le ballon solaire ;
- si $T_a - T_{sp} > DT$, la voie directe de la vanne à trois voies s'ouvre et il y a circulation dans le ballon solaire.

Le fonctionnement du circuit à débit variable est donc le suivant :

- quand un puisage d'ECS est détecté, le débit au primaire de l'échangeur de décharge est variable et modulé afin de maintenir un pincement fixe de 2K ;
- en période de non puisage, la vanne à trois voies est fermée et permet un bouclage sur l'échangeur à faible débit fixe (par exemple 200 l/h). Si le différentiel de température entre le haut du ballon et la sortie de l'échangeur est atteint, la voie directe de la vanne à trois voies s'ouvre permettant ainsi de réchauffer la boucle et de maintenir en température l'échangeur (à la température du ballon solaire).

Fonctionnement à débit fixe



Le débit minimal doit être celui du circuit secondaire de l'échangeur : le débit de la boucle ECS, et plus précisément le débit maximal puisé, ne doit jamais être supérieur au débit de la boucle en eau technique.

Dans le cas d'un profil de puisage présentant un rapport entre débit de pointe et débit de la boucle solaire faible, un sur-débit de la boucle en eau technique est favorable à la performance solaire de l'installation.

Conception et dimensionnement de la boucle de distribution

13



13.1. • La limitation des températures d'ECS

Si un mitigeur thermostatique est mis en œuvre en sortie de production (et donc au départ de la distribution principale), il doit avoir les caractéristiques suivantes :

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

Il doit être équipé d'une cartouche thermostatique spécifique solaire pour résister à de hautes températures. Il doit être équipé de clapet anti-retour homologué, conformément à la norme européenne NF EN 1717 (protection contre la pollution de l'eau potable dans les installations d'eau et exigences générales des dispositifs pour empêcher la pollution par retour d'eau.

13.2. • Le retour du bouclage sanitaire



En rénovation, le bouclage sanitaire ne respecte généralement pas les exigences citées ci-après. Le professionnel se doit d'assurer son devoir de conseil et préconiser l'ensemble des équipements indispensables pour la prévention des risques sanitaires.

L'ensemble des équipements indispensables pour la prévention des risques sanitaires doivent être présents sur la boucle d'eau chaude sanitaire.



Ces derniers doivent permettre d'assurer des températures et des vitesses de circulation satisfaisantes dans la boucle d'eau chaude sanitaire ainsi que son entretien.



Une température supérieure à 50°C doit être maintenue en tout point de la boucle. Des vitesses supérieures à 0,2 m/s dans les canalisations de retour de boucle sont recommandées.

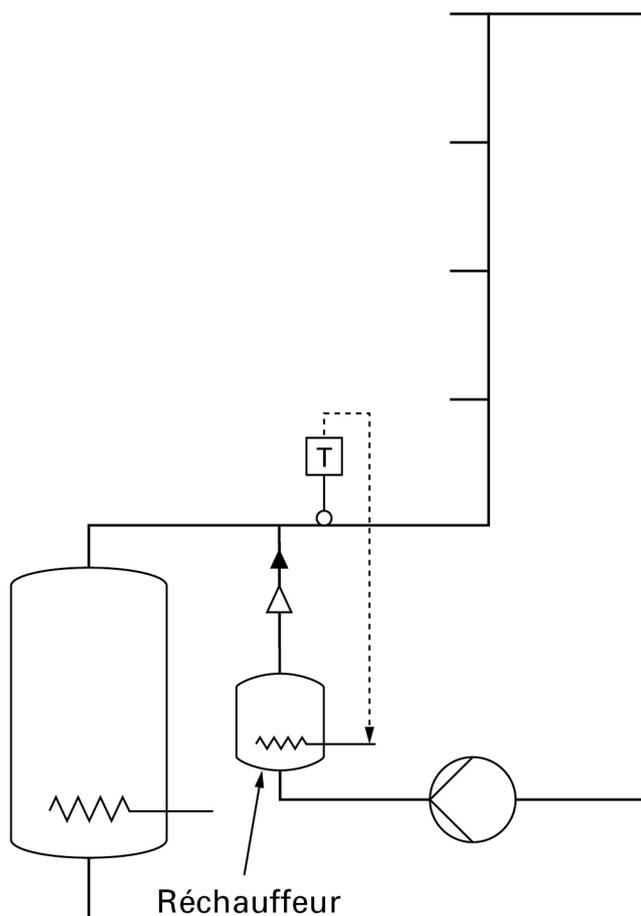
Les équipements indispensables sont :

- des tubes témoins démontables sur le retour et le départ de la boucle d'ECS permettant de vérifier l'état interne des canalisations ;
- des organes d'équilibrage permettant de régler les débits ;
- des robinets de prélèvement d'eau sur le retour et le départ de la boucle d'ECS permettant d'effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques et de contrôler les températures d'eau ;
- des vannes de chasse et de vidange aux points hauts et bas permettant de pouvoir décrocher le biofilms éventuels par des chasses à débit élevé ;
- des dispositifs de purge permettant de limiter les corrosions.
- un dispositif permettant de contrôler le débit de retour de la boucle ECS (rotamètre ou détecteur de débit par exemple) ;
- des thermomètres permettant de contrôler les températures d'ECS sur le départ et le retour de la boucle d'ECS.

Si la production est assurée par un (des) ballon(s) électrique(s), le retour de la boucle d'ECS n'est pas raccordé au(x) ballon(s). Les pertes sont compensées par un réchauffage électrique séparé comme vu (Figure 29).

Commentaire

Un réchauffeur de boucle électrique séparé permet de ne pas perturber la stratification du ballon et de ne pas créer des températures de stockage et de distribution trop faibles. Le réchauffeur de boucle est de préférence un ballon de petite capacité moins sensible aux dépôts qu'un réchauffeur tubulaire de plus faible volume.



▲ Figure 29 : Dans le cas d'une production d'ECS électrique, le maintien en température de la boucle est assuré par un réchauffeur séparé

Si la production est assurée par un (des) ballon(s) alimenté(s) par un appoint de type chaudière, le retour de bouclage d'eau chaude sanitaire peut être ramené :

- sur le ballon d'appoint uniquement ;
- sur le ballon d'appoint et le ballon solaire via une vanne à trois voies directionnelle.



Lorsqu'un bouclage sanitaire est mis en place, le retour de ce dernier ne doit pas être uniquement ramené sur le ballon de stockage solaire. Ce montage conduirait à un réchauffement du ballon de stockage solaire préjudiciable aux performances de l'installation. La mise en place du bouclage sur le ballon solaire ne doit être envisagée que dans les cas où il y a à la fois une parfaite maîtrise de la commutation de la vannes à trois voies et un risque clair, répété et important d'absence prolongée de consommations d'eau chaude sanitaire.



Si une vanne à trois voies directionnelle est mise en œuvre, le professionnel doit s'assurer que cette dernière, permettant un retour de boucle soit sur ballon d'appoint soit sur le ballon solaire, est bien étanche.

Commentaire

La mise en œuvre d'une vanne à trois voies directionnelle complexifie l'installation et risque d'être à l'origine d'importants dysfonctionnements (réchauffage du ballon de stockage solaire notamment). Elle ne se justifie que si l'usage de l'installation solaire conduit à des périodes suffisamment longues où la température atteinte dans les ballons solaires dépasse la température de retour du bouclage. Elle doit être accompagnée de la mise en place d'un comptage énergétique réversible (un index chaud et un index froid dans l'intégrateur) sur cette partie solaire du bouclage pour vérifier que le transfert d'énergie a bien lieu dans le bon sens.

Le retour de boucle sur le ballon solaire ne doit pouvoir se faire que lorsque la température de retour de boucle est inférieure à celle du stockage solaire augmentée de quelques degrés. La vanne trois voies est pilotée par deux sondes de température :

- une sonde sur le retour de boucle en amont de la vanne trois voies, au refoulement du circulateur de bouclage ;
- une sonde de température dans le ballon de stockage solaire à la hauteur de ce retour de boucle et suffisamment éloigné du piquage d'arrivée des capteurs.

Commentaire

La vanne trois voies directionnelle est inutile et ne doit pas être mise en œuvre dans le cas d'une installation avec appoint intégré.



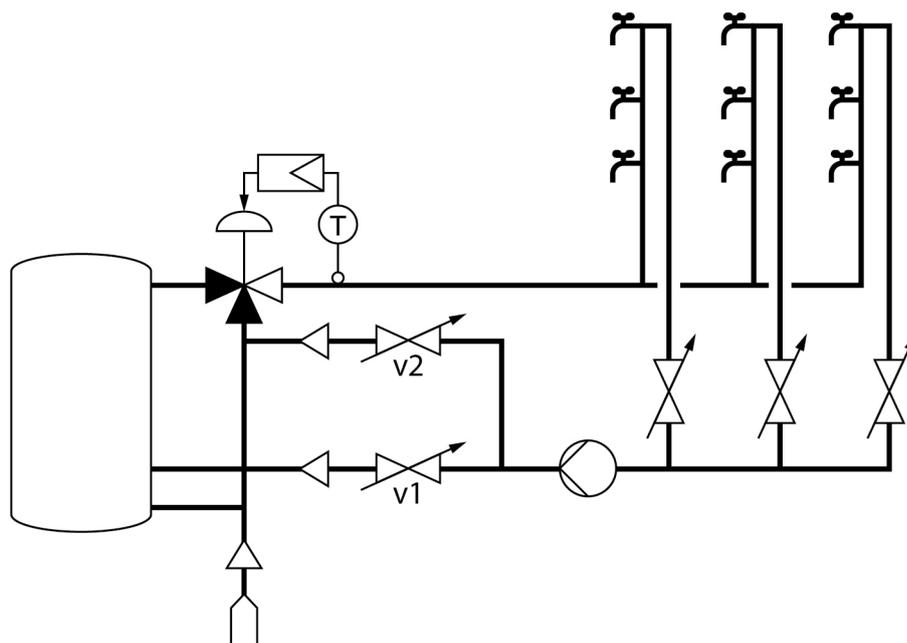
Toute modification sur la boucle d'eau chaude sanitaire implique un rééquilibrage de cette boucle.

Le mitigeur thermostatique (si présent) doit interdire la circulation du fluide chaud vers l'eau froide. 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. Les retours au ballon et au mitigeur sont équipés de clapets anti-retour assurant un fonctionnement hydraulique sans aléas.

Le retour du bouclage doit être ramené :

- sur le haut du ballon d'appoint, quand il y a soutirage ou en l'absence de soutirage quand la température de sortie de stockage est inférieure à celle réglée en sortie de mitigeur ;
- en entrée du mitigeur, en l'absence de soutirage et quand la température de sortie de stockage est supérieure à celle réglée en sortie de mitigeur.

Comme vu (Figure 30), les retours au ballon et au mitigeur doivent être équipés de vannes d'équilibrage permettant de faciliter la régulation de la température de départ.



▲ Figure 30 : Prescriptions visant à prévenir le risque de brûlure aux points d’usage



14

Le suivi énergétique



Un suivi énergétique de l'installation doit être mis en place. En fonction du niveau de suivi mis en place, il permet :

- de détecter si l'installation est en état de fonctionnement normal ;
- d'avoir des données objectives sur le bon fonctionnement de l'installation ;
- de détecter et traiter les dysfonctionnements éventuels de l'installation solaire.

Le suivi énergétique peut être simplifié (relevé des informations localement et manuellement) ou détaillé (relevé des informations à distance).

14.1. • Contrôle de l'état de fonctionnement de l'installation

Le contrôle de l'état de fonctionnement de l'installation solaire assure une surveillance de l'installation. Il assure la disponibilité des fonctionnements en informant les intervenants qui assurent l'entretien et la maintenance des équipements. Il s'agit principalement d'émettre des signalisations ou des alarmes (défauts des circulateurs ou des sondes de température par exemple), d'informer les professionnels pour faciliter leurs tâches, de suivre les interventions et de les enregistrer en historiques.

Commentaire

Ce suivi ne renseigne pas sur la performance du système. Un équipement apparemment en marche peut fonctionner de manière dégradée ou peu optimale.



14.2. • Contrôle de bon fonctionnement de l'installation

Le suivi de bon fonctionnement passe par une instrumentation plus complète de l'installation.

Cette dernière doit permettre le calcul de l'énergie solaire utile produite. Elle est différente suivant la configuration de l'installation. Il s'agit de suivre la production d'énergie solaire au travers de différents indicateurs que sont :

- la productivité solaire : on ramène simplement la production solaire utile à la surface de capteurs installés. Cet indicateur est représentatif du bon dimensionnement et de la bonne performance de l'installation solaire, mais il peut être pénalisé si la consommation d'eau chaude sanitaire est trop faible par rapport aux capacités de l'installation ;
- le taux de couverture solaire : il représente la part des besoins en eau chaude sanitaire aux points de puisage assurés par le solaire. Il est égal au rapport de l'énergie solaire utile par le besoin en eau chaude sanitaire.



Ces deux valeurs dépendent de l'irradiation incidente sur les capteurs, de la consommation d'eau chaude sanitaire, de l'état des composants en fonctionnement et enfin du dimensionnement de l'installation.

Afin de détecter des dérives de fonctionnement de l'installation, la productivité solaire mesurée peut être comparée à la productivité solaire théorique c'est à dire l'énergie solaire utile qu'aurait dû produire l'installation considérée, compte tenu des conditions réelles de fonctionnement. Le ratio « mesure sur théorie » de la production solaire est l'indicateur le plus représentatif de la qualité de fonctionnement (indépendamment de la qualité de fonctionnement) de l'installation solaire dans les conditions de son utilisation. Il est communément admis qu'un ratio supérieur à 0,8 traduit un bon fonctionnement. Ce ratio est indicatif mais il permet de vérifier que l'installation concernée fonctionne correctement ou pas et cela à l'échelle de temps notamment mensuelle. Pour un suivi de fonctionnement plus précis, il est nécessaire d'aller au-delà de ce ratio en analysant des données sur un pas de temps plus précis avec des données journalières voire à 10 minutes.

Le calcul de la production solaire utile théorique peut être réalisé simplement à l'aide la méthode SOLO en utilisant comme entrée les données réelles de l'installation (consommation réelle mensuelle d'eau chaude mesurée sur l'installation, températures extérieure et d'eau froide moyennes, irradiation calculée à l'aide de la durée d'ensoleillement réelle de la station météorologique la plus proche de l'installation sur le mois concerné).



Commentaire

A noter qu'il existe aussi d'autres outils de calcul, à l'image du logiciel TRANSOL, mais attention dans ce cas à la définition du taux de couverture utilisée dans l'outil concerné.

14.2.1. • Contrôle de bon fonctionnement simplifié

Les données de consommation et de production solaire mesurées issues du compteur d'énergie sont récupérées manuellement. La fréquence des relevés conditionne le degré de réactivité de signalement d'un éventuel dysfonctionnement. Sa régularité assure les performances de l'installation sur le long terme. Les données relevées doivent être consignées dans le carnet de suivi. L'exploitant doit alerter le Maître d'Ouvrage en cas de non correspondance avec les indicateurs minimums de performance prévisionnels.

Commentaire

Ce type de relevé et de suivi manuel est particulièrement adapté aux installations de taille réduite (jusqu'à 30 à 50 m², valeur haute).

14.2.2. • Contrôle de bon fonctionnement détaillé

L'emploi d'une centrale d'acquisition permet de suivre à distance l'installation. Elle relève, stocke et transmet, à échéances programmées et pas de temps réguliers, l'ensemble des valeurs mesurées par les sondes de température et les compteurs. Raccordé à un réseau de communication (ligne téléphonique, GSM, ADSL...), elle permet de visionner à distance le fonctionnement de l'installation solaire.



Ce type de relevé nécessite des compétences particulières en matière de programmation et d'analyse des données instantanées et archivées.

14.2.3. • Instrumentation

Il est recommandé de mesurer l'énergie solaire avec un compteur d'énergie. Il intègre :

- deux sondes de température appairées, à placer en doigt de gant ;
- un compteur d'eau hydraulique (mesure de volume ou de débit du liquide caloporteur traversant le compteur) ;
- un intégrateur qui récupère les données de chaque élément et les convertit en quantité d'énergie. Il introduit le coefficient thermique qui peut être fixe ou variable).

Commentaire

Un automate du système GTB ou une centrale de télégestion dédiée au suivi énergétique peut être utilisée pour effectuer le calcul à partir d'un compteur d'eau et de deux sondes de température séparées.

Le compteur d'énergie thermique est de Classe 1 (caractérisant les Erreurs Maximales Tolérées sur le débit). Il présente une valeur ΔT_{\min} (Erreurs Maximales Tolérées sur la différence de températures) de 3 correspondant à une erreur d'appariement proche de 0,1 K.

Outre la classe et le ΔT_{\min} , un compteur d'énergie thermique se choisit en considérant ces autres caractéristiques principales :

- la différence de température maximale mesurable ;
- la plage des mesures de température ;
- la pression maximale admissible ;
- la perte de charge provoquée par le mesureur de débit ;
- les longueurs droites à prévoir en amont et en aval du mesureur ;
- la résolution de l'index par rapport à la précision et à la capacité de comptage ;
- les informations affichées et celles qui sont disponibles par un réseau numérique comme Mbus.

Le compteur d'énergie est équipé, a minima, d'une sortie impulsions ou de préférence d'une interface de communication (Mbus, Jbus...).

Commentaire

Le protocole M-Bus est particulièrement adapté aux compteurs d'énergie thermique. Il permet non seulement de remonter la quantité d'énergie (index) mais aussi l'index de volume, le débit et les températures.

Le compteur ne doit pas être choisi uniquement en fonction du diamètre de la canalisation : il peut être surdimensionné et fonctionner avec une moins bonne précision. Il est choisi en regard de son débit nominal, transitoire, minimal et maximal.

14.3. • Plans de comptage

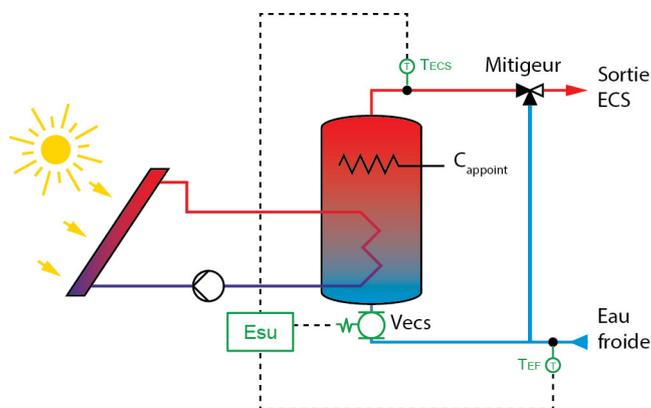
Suivant le niveau de suivi souhaité, l'instrumentation mise en place doit permettre le calcul de l'énergie solaire utile produite et son utilisation plus ou moins précise en comparaison avec une référence. L'instrumentation est différente suivant la configuration de l'installation et notamment vis-à-vis :

- de l'intégration de l'appoint (intégré ou séparé) ;
- de la présence ou non d'un bouclage d'eau chaude sanitaire ;
- de la configuration du retour du bouclage d'eau chaude sanitaire.



14.3.1. • CESC à appoint intégré

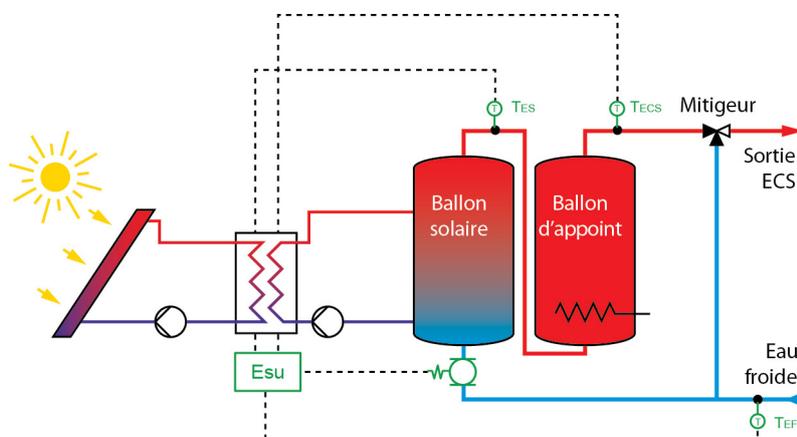
Pour avoir une indication sur le fonctionnement global de l'installation, le circuit sanitaire doit être a minima instrumenté conformément à la (Figure 31).



▲ Figure 31 : Instrumentation permettant de caractériser la production solaire utile d'une installation de type CESC avec appoint intégré

14.3.2. • CESC à appoint séparé

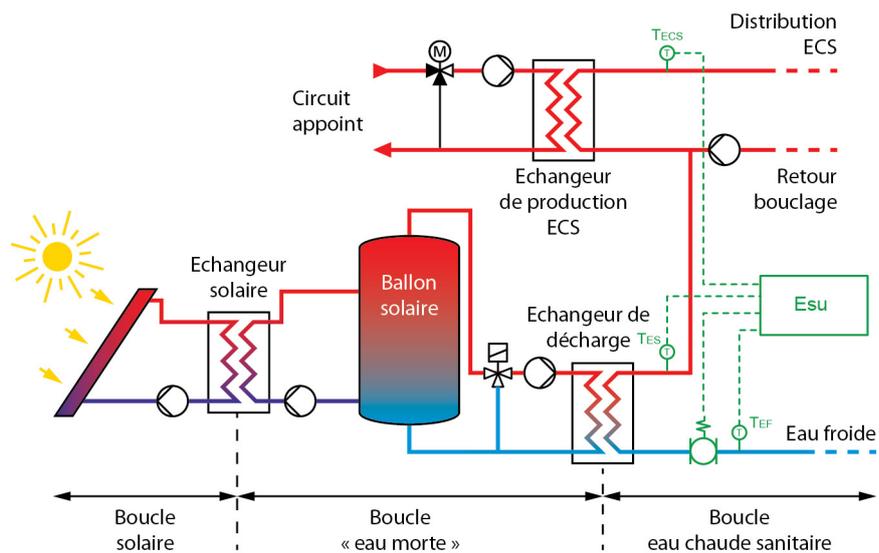
Pour avoir une indication sur le fonctionnement global de l'installation, le circuit sanitaire doit être a minima instrumenté conformément à la (Figure 32).



▲ Figure 32 : Instrumentation permettant de caractériser la production solaire utile d'une installation de type CESC avec appoint séparé

14.3.3. • CESC en eau technique

Pour avoir une indication sur le fonctionnement global de l'installation, le circuit sanitaire (au secondaire de l'échangeur de décharge) doit être a minima instrumenté conformément à la (Figure 33).



▲ Figure 33 : Instrumentation permettant de caractériser la production solaire utile d'une installation de type CESC en eau technique



Raccordements électriques

15



L'entreprise d'installation doit assurer l'ensemble des raccordements électriques des équipements installés ainsi que leur protection.

Les raccordements électriques s'effectuent par câbles U1000 RO2V de section surdimensionnée fixés sur chemins de câbles ou en gaines PVC rigides.

L'alimentation et les protections de tous les équipements solaires s'effectuent à partir d'un coffret électrique dédié de degré de protection IP 437. Les équipements de commande et de sécurité sont fixés sur rails DIN.

Le coffret électrique est alimenté en 400 V + neutre à partir de l'armoire électrique générale prévue en chaufferie. Elle est équipée au départ d'un disjoncteur divisionnaire tripolaire calibré sur la puissance nécessaire majorée de 100%.

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).

Le coffret électrique est équipé :

- un sectionneur général à fusibles ;
- deux contacteurs bipolaires de commandes des circulateurs équipés de contact auxiliaires normalement ouverts ;
- disjoncteurs divisionnaires pour la protection de l'interrupteur crépusculaire (si présent), du régulateur, du télécontrôleur (si présent) ;
- un disjoncteur différentiel de 30 mA de protection de la prise de courant (prise à l'intérieur du coffret) ;
- une prise de courant « force » en mono 230V équipée d'un pôle de terre de 16 A ;

- 1 commutateur 3 positions (Marche-Arrêt-Auto) pour la commande de la pompe solaire,
- un voyant sous tension du coffret électrique et deux voyants « marche » du(es) circulateur(s) ;
- les plaques signalétiques en façade ;
- l'interrupteur crépusculaire (si présent) ;
- le régulateur pouvant également assurer une fonction de télé-contrôleur, doté d'une capacité de commande de la pompe solaire en puissance ;
- une alimentation 220/24V ;
- une batterie de secours ;
- une pochette à documents contenant les schémas électriques de commande et de puissance avec les reports et repérages.

Les passages de câbles sont effectués sous goulottes à l'intérieur du coffret électrique et par passe-fils au travers de sa paroi. Tous les appareils sont étiquetés et les câbles repérés par numérotation.

Le coffret électrique doit contenir les schémas électriques « commande » et « puissance » avec report des repérages.

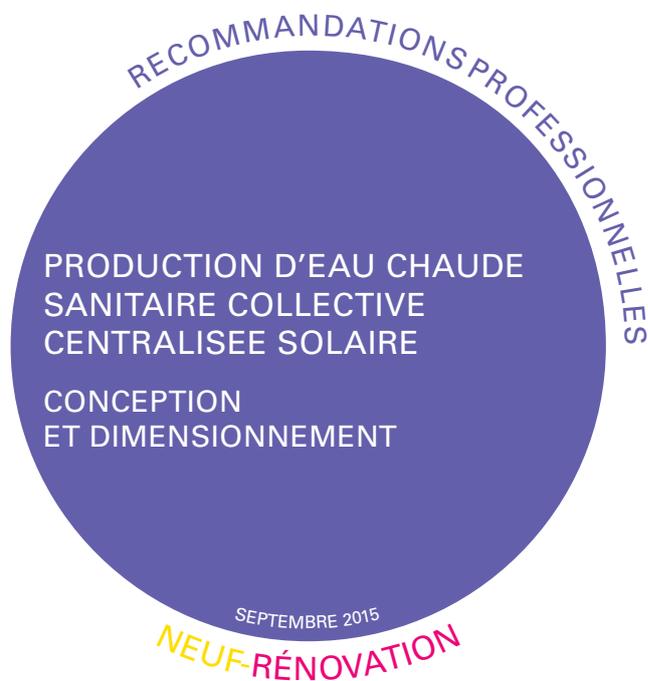
La mise en œuvre de l'installation doit être réalisée conformément aux prescriptions de la norme NF C 15-100 qui s'applique aussi bien aux installations en très basse tension qu'en basse tension.

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.





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 collectif centralisé.

L'installation est autovidangeable ou avec capteurs remplis en permanence. Le stockage solaire est réalisé en eau chaude sanitaire ou en eau technique.

Les solutions techniques adaptées et les schémas hydrauliques types associés sont présentés. Une démarche simple et concrète, basée sur l'expérience, est proposée pour le dimensionnement et la sélection d'un chauffe-eau solaire. Par exemple, des valeurs de besoins moyens d'eau chaude sanitaire sont indiquées, permettant de dimensionner au plus juste une installation solaire performante. La fonction, les critères de choix des matériaux et les bonnes pratiques pour le dimensionnement de chacun des composants de l'installation solaire sont exposés.

Enfin, les différents niveaux de suivi énergétique de l'installation solaire, les plans de comptage associés et l'instrumentation à mettre en place sont présentés.



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

