



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

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

RAPPORT

**CHAUFFE-EAU SOLAIRES  
COLLECTIFS À APPOINTS  
INDIVIDUALISÉS (CESCAI)**

**EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES**

SEPTEMBRE 2014

# ÉDITO

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

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

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

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

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

**Alain MAUGARD**

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



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

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

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

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

# AVANT-PROPOS

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

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

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

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

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

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

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



# Sommaire

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Introduction</b> .....                                   | <b>5</b>  |
| <b>1 - Les hypothèses de simulation</b> .....               | <b>7</b>  |
| <b>2 - Analyse du risque de brûlure</b> .....               | <b>10</b> |
| 2.1. • Ce que dit la réglementation.....                    | 10        |
| 2.2. • La problématique.....                                | 11        |
| 2.3. • Les règles techniques existantes.....                | 11        |
| 2.4. • Les simulations : quelles grandeurs analysées ?..... | 11        |
| 2.5. • Les simulations : quels résultats ?.....             | 12        |
| 2.6. • Conclusion.....                                      | 15        |
| <b>3 - Analyse du risque lié aux légionelles</b> .....      | <b>16</b> |
| 3.1. • Les facteurs de risque.....                          | 16        |
| 3.2. • Ce que dit la réglementation.....                    | 17        |
| 3.3. • La problématique.....                                | 17        |
| 3.4. • Les règles techniques existantes.....                | 19        |
| 3.5. • Les simulations : quelles grandeurs analysées ?..... | 20        |
| 3.6. • Les simulations : quels résultats ?.....             | 21        |
| 3.6.1. • Les temps de stagnation.....                       | 21        |
| 3.6.2. • Les niveaux de température.....                    | 21        |
| 3.6.3. • La remise en température.....                      | 24        |
| 3.7. • Conclusion.....                                      | 25        |

# Introduction

---



Le chauffe-eau solaire collectif à appoints individualisés (CESCAI) présente une production et un stockage solaires centralisés. L'énergie solaire permet de préchauffer l'eau sanitaire qui est ensuite distribuée dans les logements. Dans chaque logement, un appoint assure le complément à la préparation d'eau chaude sanitaire.

Cette solution représente aujourd'hui plus de 30% de la surface de capteurs solaires installée en collectif et tertiaire (contre 60 et 10% respectivement pour le chauffe-eau solaire collectif centralisé, dit CESC et le chauffe-eau solaire collectif individualisé, dit CESCOI). Elle est généralement réalisée sur de petits ensembles de logements collectifs équipés d'une production d'eau chaude sanitaire individualisée existante.

D'un point de vue technique, l'installation d'un CESCAI est proche de celle d'une solution solaire collective centralisée : la production et le stockage solaires sont soumis aux mêmes règles de conception, de dimensionnement, de mise en œuvre et de maintenance. Néanmoins, pour les installations de type CESCAI, différentes questions se posent quant aux risques liés à l'eau chaude sanitaire (risques de brûlure et sanitaires). En effet :

- vis-à-vis des risques de brûlure, les niveaux de température de l'eau préchauffée par le solaire sont-ils dangereux ? Dans ce cas, les systèmes de limitation de température existants sont-ils adaptés et suffisants pour éviter les risques de brûlure aux points de puisage sensibles ?
- vis-à-vis du risque de développement de légionelles, l'eau préchauffée par le solaire est-elle toujours portée, avant d'être puisée, à une température suffisante et pendant un temps satisfaisant pour limiter la concentration de légionelles ?

- si l'eau préchauffée par le solaire n'a pas pu être portée en température, a-t-elle été maintenue que très brièvement à des températures favorables au développement des légionelles ?

Afin de répondre à ces questions, la voie de la simulation est retenue. L'étude repose ainsi sur des simulations thermiques dynamiques, réalisées avec le logiciel TRNSYS.

Différentes configurations sont modélisées afin d'étudier les niveaux de température en différents points de l'installation et ainsi évaluer les risques de brûlure et les risques sanitaires de chacune d'elles.

Ce travail a été réalisé par le COSTIC (Comité Scientifique et Technique des Industries Climatiques).



# Les hypothèses de simulation

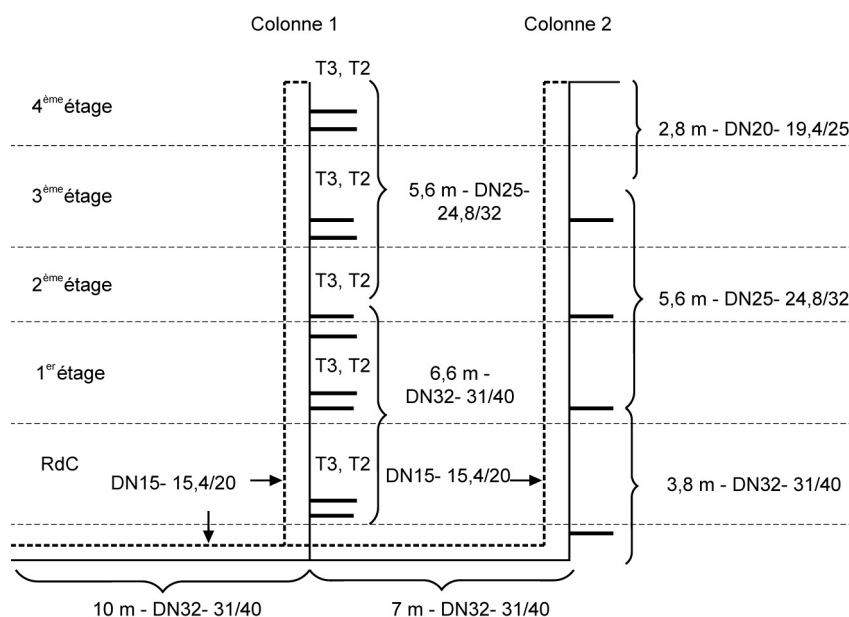


## Quel bâtiment ? Quelle situation géographique ?

Le bâtiment retenu regroupe 15 logements, répartis sur 5 niveaux. Les simulations sont réalisées pour 3 stations météorologiques (Strasbourg, Marseille et La Rochelle).

## Quelle distribution pour l'eau chaude sanitaire ?

La distribution est basée sur deux colonnes montantes. On donne (Figure 1), le schéma de principe de la distribution modélisée. Les épaisseurs d'isolation et les coefficients de pertes thermiques de cette distribution correspondent à une classe d'isolation 3. Le coefficient U retenu est de 0,27 W/(ml.K).



▲ Figure 1 : Schéma de principe de la boucle de distribution retenue



## Quelles consommations d'eau chaude sanitaire ? Quels profils de puisage ?

La consommation moyenne de référence est de 28 litres par jour et par personne à 60°C. Le tableau de la (Figure 2) donne les variations saisonnières appliquées au profil de puisage : elles sont conformes aux spécifications des Recommandations professionnelles « Production d'eau chaude sanitaire collective centralisée solaire ».

Des variations journalières permettent de modéliser des pics de consommation le soir et le matin.

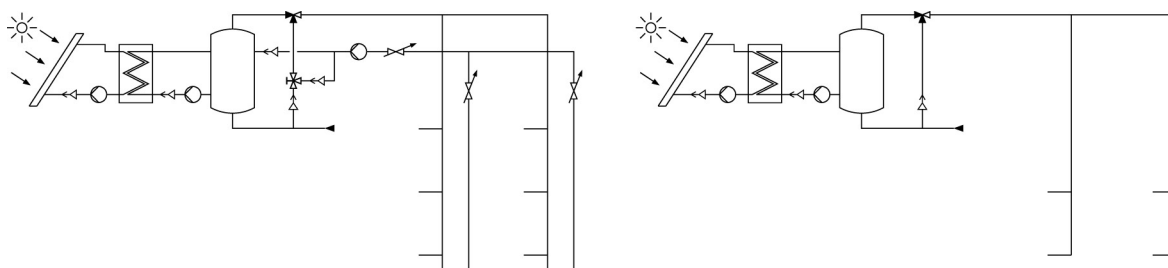
| Mois                | Janv | Fév  | Mars | Avril | Mai  | Juin | Juil | Aout | Sept | Oct  | Nov  | Déc  |
|---------------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Coefficients</b> | 1,14 | 1,09 | 1,04 | 1,09  | 1,02 | 1,01 | 0,91 | 0,77 | 0,91 | 0,94 | 1,02 | 1,06 |

▲ Figure 2 : Coefficients retenus pour l'estimation des profils mensuels de puisage d'eau chaude sanitaire

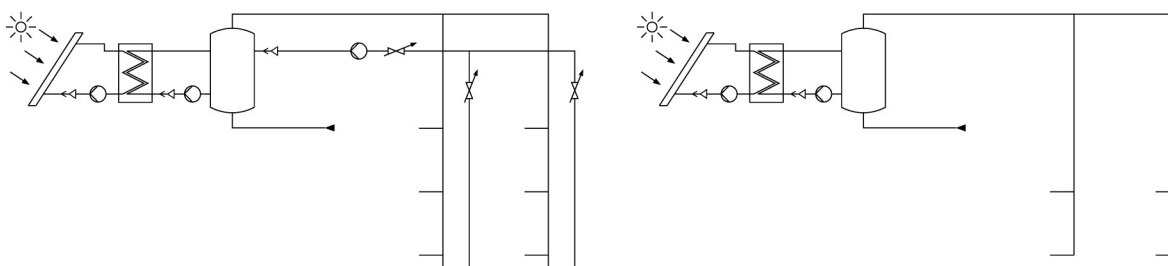
## Quels schémas hydrauliques ?

Conformément à l'analyse bibliographique réalisée, différentes variantes de CESCAI sont modélisées :

- avec bouclage permettant le maintien en température de la distribution principale par une circulation « en boucle » ;
- sans bouclage avec une distribution d'eau chaude sanitaire directe, au gré des puisages des logements ;
- avec mitigeur thermostatique au départ de la distribution principale d'eau chaude ;
- sans limitation de température au départ de la distribution.



▲ Figure 3 : Schémas de principe d'une installation de type CESCAI, bouclée et non bouclée, avec mitigeur thermostatique au départ de la distribution principale d'eau chaude



▲ Figure 4 : Schémas de principe d'une installation de type CESCAI, bouclée et non bouclée, sans mitigeur thermostatique au départ de la distribution principale d'eau chaude



## Quel dimensionnement de l'installation solaire ?

Le dimensionnement de l'installation (notamment surface de capteurs et volume de stockage solaires) est réalisé conformément aux spécifications des Recommandations professionnelles « Production d'eau chaude sanitaire collective centralisée solaire – Conception et dimensionnement ». La surface de capteurs est de 22, 18 et 13 m<sup>2</sup> respectivement pour Strasbourg, La Rochelle et Marseille.



# 2

## Analyse du risque de brûlure



### 2.1. • Ce que dit la réglementation

#### Quelles exigences avant novembre 2005 ?

Les installations de production d'eau chaude sanitaire réalisées avant novembre 2005 respectent l'arrêté du 23 juin 1978. Il y est notamment exigé une température maximale de 60°C aux points de puisage. En pratique, pour respecter cette température, la production d'eau chaude sanitaire est simplement limitée à 60°C.

#### Quelles exigences après novembre 2005 ?

Les installations de production d'eau chaude sanitaire réalisées après novembre 2005 respectent 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 peut être distribuée à 90°C maximum en certains points faisant l'objet d'une signalisation particulière.

En pratique, pour respecter ces températures, la production d'eau chaude sanitaire est limitée à 60°C et des dispositifs dans les pièces de toilettes limitent la température à 50°C maximum aux points de puisage (limiteurs de température, mitigeurs thermostatiques C3...).



## 2.2. • La problématique



**La température de l'eau fournie par un chauffe-eau solaire peut atteindre des niveaux relativement élevés (température correspondant à la valeur maximale de stockage des ballons solaires, soit 85 à 90°C).**

Il faut donc s'assurer que la température maximale de l'eau chaude sanitaire (préchauffée par le solaire) soit respectée aux points de puisage, quelle que soit la configuration de l'installation de production d'eau chaude sanitaire (réalisée avant ou après novembre 2005).

## 2.3. • Les règles techniques existantes

Pour respecter les températures maximales aux points de puisage, plusieurs solutions existent : limiteurs de température, mitigeurs thermostatiques C3 aux terminaux ou mitigeurs centralisés au départ de la distribution d'eau chaude préchauffée par le solaire.

La pose d'un mitigeur thermostatique centralisé, au départ de la distribution d'eau chaude préchauffée par le solaire, est fortement recommandée dans la littérature existante.

Néanmoins, certaines sources ne préconisent pas de limiter la température au départ de la distribution d'eau chaude sanitaire. Selon ces sources, les pertes de distribution (notamment dans le cas des installations avec bouclage assuré par le solaire) permettraient de limiter suffisamment et « naturellement » la température aux points de puisage. Dans ce cas, il est seulement préconisé de limiter la température en amont des pièces destinées à la toilette à 50°C.

### Commentaire

Le mitigeur centralisé au départ de la distribution d'eau chaude préchauffée par le solaire permet de protéger les appoints individuels d'éventuelles températures d'entrée pouvant être trop élevées.

## 2.4. • Les simulations : quelles grandeurs analysées ?

$T_{\text{max départ distribution}}$

C'est la température maximale constatée de l'eau au départ de la distribution d'eau chaude préchauffée.

**T**<sub>max entrée logement</sub>

C'est la température maximale constatée de l'eau en entrée de logement le plus défavorisé (en amont des apponts individuels).

L'analyse se concentre sur l'évolution de ces températures pour un réseau de distribution d'eau chaude sanitaire :

- bouclé ou non bouclé ;
- avec ou sans mitigeur centralisé au départ de la distribution ;
- avec une distribution calorifugée ou non ;
- à Strasbourg, La Rochelle et Marseille.

## 2.5. • Les simulations : quels résultats ?

On donne (Figure 5) les températures maximales de l'eau au départ de la distribution d'eau chaude préchauffée et en entrée de logement, pour chaque configuration modélisée.

|                    | CESCAI avec distribution non bouclée            |  |   |  | CESCAI avec distribution bouclée                |  |   |  |
|--------------------|---|--|---|--|---|--|---|--|
|                    | Avec mitigeur<br>Cas 1                          |  | Sans mitigeur<br>Cas 2                          |  | Avec mitigeur<br>Cas 3                          |  | Sans mitigeur<br>Cas 4                          |  |
|                    | T <sub>max départ</sub><br>distribution<br>(°C) | T <sub>max entrée</sub><br>de logement<br>(°C) | T <sub>max départ</sub><br>distribution<br>(°C) | T <sub>max entrée</sub><br>de logement<br>(°C) | T <sub>max départ</sub><br>distribution<br>(°C) | T <sub>max entrée</sub><br>de logement<br>(°C) | T <sub>max départ</sub><br>distribution<br>(°C) | T <sub>max entrée</sub><br>de logement<br>(°C) |
| <b>Strasbourg</b>  | 60  | 58,3   | 87,7  | 82,3   | 60  | 58,8   | 78,2  | 76,3   |
| <b>La Rochelle</b> | 60  | 58,2   | 82,5  | 77   | 60  | 58,9   | 71,2  | 69,5   |
| <b>Marseille</b>   | 60  | 58   | 75,7  | 70,7   | 60  | 58,8   | 64,6  | 63   |

▲ Figure 5 : Températures maximales de l'eau au départ de la distribution d'eau chaude préchauffée par le solaire et en entrée de logement pour différentes configurations de CESCAI

### Cas 1 et 3 : distribution mitigée avec et sans bouclage

L'eau au départ de la distribution d'eau chaude est mitigée. Le départ est réglé à 60°C. La distribution est bouclée (cas 3) ou directe au gré des puisages des logements (cas 1). Elle est correctement calorifugée. Le coefficient U retenu est de 0,27 W/(ml.K).

La température maximale constatée en entrée de logement est de 58°C (pour les 3 stations météorologiques). La chute de température entre le départ de la distribution et le logement le plus défavorisé est comprise entre 1 et 2K.

Pour les installations respectant l'arrêté du 23 juin 1978, la température maximale de l'eau chaude sanitaire aux points de puisage est respectée (inférieure à 60°C).

Pour les installations respectant l'arrêté du 30 novembre 2005, la température de distribution aux points de puisage dans les pièces autres que celles destinées à la toilette est respectée. La température de



distribution est abaissée dans les pièces destinées à la toilette (50°C) en installant un limiteur de température par exemple.

### Bilan

Pour une distribution d'eau chaude mitigée bouclée ou non, vis-à-vis de la prévention des risques de brûlures, la température maximale de l'eau chaude sanitaire réglementaire aux points de puisage est respectée quelle que soit la configuration de l'installation (installations respectant l'arrêté du 23 juin 1978 ou du 30 novembre 2005).

### Cas 2 : distribution non mitigée et sans bouclage

La distribution est directe, au gré des puisages des logements. Elle est correctement calorifugée. Le coefficient U retenu est de 0,27 W/(m.K). L'eau au départ de la distribution d'eau chaude n'est pas mitigée.

La température maximale en entrée de logement est comprise entre 70 et 82°C (respectivement pour Marseille et Strasbourg). La chute de température entre le départ de la distribution et le logement le plus défavorisé est de 5K environ.

### Bilan

Pour une distribution d'eau chaude non mitigée et non bouclée, la température maximale réglementaire de l'eau chaude sanitaire aux points de puisage n'est respectée pour aucune configuration d'installation (installations respectant l'arrêté du 23 juin 1978 ou du 30 novembre 2005).

### Cas 4 : distribution non mitigée et avec bouclage

La distribution d'eau chaude préchauffée est bouclée. L'eau au départ de la distribution n'est pas mitigée. La distribution est correctement calorifugée. Le coefficient U retenu est de 0,27 W/(m.K).

La température maximale en entrée de logement est comprise entre 63 et 76°C (respectivement pour Marseille et Strasbourg). La chute de température entre le départ de la distribution et le logement le plus défavorisé est de 2K.

Comparativement à une configuration non bouclée (cas 2), une configuration non mitigée et bouclée présente :

- une température maximale au départ de la distribution abaissée de 10K ;
- une température en entrée de logement réduite de 7K ;
- une chute de température entre le départ de la distribution et le logement le plus défavorisé plus faible de 2K.

Une configuration avec distribution d'eau chaude bouclée permet de limiter la température au départ de la distribution d'eau chaude et, dans une moindre mesure, celle en entrée de logement.



## Bilan

Pour une distribution d'eau chaude non mitigée, la présence du bouclage permet de réduire fortement la température maximale de l'eau chaude sanitaire en entrée de logement. Néanmoins, la température maximale réglementaire aux points de puisage n'est respectée pour aucune configuration d'installation (installations respectant l'arrêté du 23 juin 1978 ou l'arrêté du 30 novembre 2005).

### Cas 5 : distribution non mitigée et non calorifugée

Certaines littératures préconisent de ne pas limiter la température au départ de la distribution d'eau chaude, considérant que les pertes de distribution suffisent à limiter la température en entrée de logement. Une distribution non calorifugée (bouclée et non bouclée) est modélisée pour la station de Marseille.

On donne (Figure 6) les températures maximales de l'eau au départ de la distribution d'eau chaude préchauffée par le solaire (bouclée ou non) et en entrée de logement, pour une configuration avec distribution calorifugée et non calorifugée.

|   | CESCAI avec distribution non bouclée      |  | CESCAI avec distribution bouclée          |  |
|---|---|--|---|--|
|   | T <sub>max</sub> départ distribution (°C) | T <sub>max</sub> entrée de logement (°C) | T <sub>max</sub> départ distribution (°C) | T <sub>max</sub> entrée de logement (°C) |
| <b>Distribution correctement calorifugée (cas 2 et 4)</b> | 75,7                                      | 70,7                                     | 64,6                                      | 63                                       |
| <b>Distribution non calorifugée (cas 5)</b>               | 75,7                                      | 63,2                                     | 56,9                                      | 53,5                                     |

▲ Figure 6 : Températures maximales de l'eau en entrée de logement pour une configuration de CESCAI non mitigée avec distribution calorifugée et non calorifugée

Pour une configuration non bouclée et non calorifugée, la température maximale réglementaire aux points de puisage n'est respectée pour aucune configuration d'installation (installations respectant l'arrêté du 23 juin 1978 ou l'arrêté du 30 novembre 2005).

Comparativement à une configuration avec distribution calorifugée (cas 4), une configuration avec distribution bouclée et non calorifugée présente :

- une température maximale au départ de la distribution abaissée de 8K ;
- une température en entrée de logement réduite de 10K ;
- une chute de température entre le départ de la distribution et le logement le plus défavorisé plus importante.

Pour une distribution d'eau chaude bouclée et non calorifugée, la température maximale réglementaire de l'eau chaude sanitaire aux points de puisage est respectée quelle que soit la configuration de l'installation (installations respectant l'arrêté du 23 juin 1978 ou du 30 novembre 2005).



Néanmoins, la performance énergétique d'une telle solution, notamment du point de vue des pertes thermiques de distribution, est critiquable. On donne dans le tableau (Figure 7), les pertes liées à une distribution d'eau chaude bouclée, avec et sans isolation à Marseille.

Une distribution bouclée et non calorifugée présente près de deux fois plus de pertes thermiques qu'une distribution bouclée et correctement calorifugée (6200 contre 3500 kWh/an).

| Pertes de distribution (kWh/an) | Distribution bouclée correctement calorifugée | Distribution bouclée non calorifugée |
|---------------------------------|---|--------------------------------------|
| Réseau aller                    | 1892  | 4000                                 |
| Réseau retour                   | 1620  | 2197                                 |
| Pertes totales                  | 3512  | 6197                                 |

▲ Figure 7 : Pertes thermiques de distribution pour une configuration de CESCAI bouclée, calorifugée ou non, pour Marseille

## Bilan

Pour une distribution d'eau chaude bouclée et non calorifugée, la température maximale réglementaire de l'eau chaude sanitaire aux points de puisage est respectée, quelle que soit la configuration de l'installation. Néanmoins, si l'on considère les pertes de distribution, une telle solution est à proscrire.

## 2.6. • Conclusion

La température de l'eau fournie par un chauffe-eau solaire peut atteindre des niveaux relativement élevés (85 à 90°C, température correspondant à la valeur maximale de stockage des ballons solaires).



**Quelle que soit la configuration de l'installation d'eau chaude sanitaire (installations respectant l'arrêté du 23 juin 1978 ou l'arrêté du 30 novembre 2005) et pour respecter les températures maximales aux points de puisage, il est recommandé la pose d'un mitigeur centralisé, au départ de la distribution d'eau chaude sanitaire préchauffée par le solaire.**



## Analyse du risque lié aux légionelles

# 3



### 3.1. • Les facteurs de risque

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, il est nécessaire d'agir à trois niveaux :

- éviter la stagnation et assurer une bonne circulation de l'eau ;
- maîtriser la température de l'eau dans les installations, depuis la production et tout au long des circuits de distribution ;
- 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. »

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-dessus de 50°C, leur viabilité est réduite. Les temps nécessaires à la réduction d'une population en suspension de *Legionella pneumophila* d'un log (soit une réduction de 90% de la population) sont de plusieurs heures à 50°C, de quelques minutes à 60°C et de quelques secondes à 70°C. En pratique, les durées minimales d'élévation de la température de l'eau doivent être supérieures. En effet, il faut tenir compte de l'effet protecteur des biofilms et des dépôts qui conduit à une majoration des valeurs obtenues en laboratoire.





## 3.2. • Ce que dit la réglementation

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 bureaux ou 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 ;
- 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) ».

| Temps minimum de maintien de la température | Température de l'eau       |
|---|----------------------------|
| 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

## 3.3. • La problématique

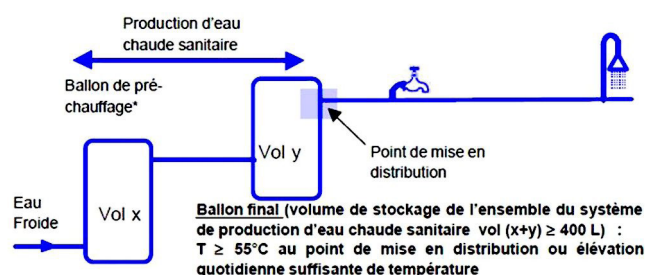
Le CESCAI présente une production et un stockage solaires centralisés. L'énergie solaire permet de préchauffer l'eau sanitaire qui est ensuite distribuée dans les logements. Dans chaque logement, un appoint individuel assure le complément à la préparation de l'eau chaude sanitaire.

Conformément à l'arrêté du 30 novembre 2005, le point de mise en distribution est considéré comme « le point, ou les points, où l'eau

quitte les équipements de production ou de stockage d'eau chaude sanitaire et est mis en distribution. ».

Un schéma illustratif est donné (Figure 9).

Le point de distribution étant considéré en sortie de système d'appoint individuel, la distribution d'eau chaude préchauffée par le solaire n'est pas concernée par un maintien en température : la distribution n'est donc pas maîtrisée en température.



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

▲ **Figure 9** : Ballons de stockage en production avec maintien de température dans le ballon le plus en aval (Source : Circulaire interministérielle DGS du 3 avril 2007)

Le volume total des équipements de stockage (final et de préchauffage) étant rapidement supérieur à 400 litres, l'eau en sortie d'appoint doit être en permanence à une température supérieure à 55°C ou portée à une température suffisante au moins une fois par 24 heures.

Suivant le type d'appoint individuel, l'exigence de choc thermique au minimum une fois par 24 heure ou de maintien en température, au point de distribution, peut être difficile voire impossible à tenir, notamment dans le cas d'un préparateur instantané (chauffe eau électrique instantané, chauffe-eau gaz, chaudières double usage à production d'ECS instantanée ou micro accumulée).



**Pour les installations présentant des systèmes d'appoint ne permettant pas une température d'eau en sortie en permanence supérieure à 55°C ou une remise à température suffisante au moins une fois par 24 heures, la mise en place d'un chauffe-eau solaire de type CESCAI est fortement déconseillée.**

Ainsi, différentes questions se posent quant aux risques liés aux légionelles pour les installations de type CESCAI :

- l'eau préchauffée par le solaire est-elle toujours portée, avant d'être puisée, à une température suffisante et pendant un temps satisfaisant pour limiter la concentration de légionelles ?
- si l'eau préchauffée par le solaire n'a pas pu être portée en température, a-t-elle été maintenue que très brièvement à des températures favorables au développement des légionelles ?



### 3.4. • Les règles techniques existantes

La production et le stockage solaires sont soumis aux mêmes règles de conception, de dimensionnement, de mise en œuvre et de maintenance que pour une solution solaire collective centralisée (CESC).

A l'heure actuelle, le CESCAI est une solution largement préconisée, notamment en rénovation. Les différents ouvrages analysés sur ce sujet indiquent unanimement que la sécurité sanitaire semble délicate à garantir dans la durée, notamment du fait du réseau étendu à température non contrôlée et à fort risque de développement de légionelles.

Peu de règles existent spécifiquement concernant la distribution d'eau chaude collective préchauffée par le solaire et le système d'appoint individuel. Une étude bibliographique conclut néanmoins sur un certain nombre de points de vigilance.

#### Le bouclage

L'analyse bibliographique montre qu'une installation de type CESCAI peut être préconisée avec ou sans bouclage :

- l'installation présente un circuit de bouclage, raccordé au pied des colonnes de distribution d'eau chaude, permettant d'assurer une constante circulation de l'eau préchauffée par le solaire ;
- aucun bouclage n'est mis en œuvre : la distribution d'eau chaude préchauffée par le solaire se fait en direct, au gré des puisages des logements.

#### Commentaire

Seule de l'énergie d'origine solaire circule dans le bouclage. La présence d'un dispositif de maintien en température de la distribution collective d'eau préchauffée par le solaire remettrait en cause l'intérêt (notamment économique) de ce type d'installation.

L'analyse bibliographique montre qu'un bouclage est préconisé notamment pour :

- irriguer en permanence en eau préchauffée les appoints individuels et obtenir la même température d'entrée dans tous les logements ;
- éviter la stagnation et assurer une bonne circulation de l'eau afin d'éviter tout bras mort et donc de limiter les risques de développement de légionelles. En effet, les plus fortes concentrations sont trouvées lorsqu'il existe des tuyauteries avec de l'eau stagnante.



## L'appoint

Il est recommandé d'être vigilant sur le système d'appoint à mettre en œuvre. On rappelle que l'eau préchauffée par le solaire doit être, en sortie d'appoint, maintenue ou portée à une température suffisante et pendant un temps satisfaisant pour limiter la concentration de légionelles.

La littérature existante déconseille l'installation d'un CESCAI avec un appoint de type préparateur instantané (chauffe-eau instantané électrique ou gaz, chaudière double usage instantanée). En effet, l'eau préchauffée est portée pendant des temps très courts à des températures pouvant être insuffisantes pour limiter les concentrations en légionelles éventuellement présentes dans l'installation.

## 3.5. • Les simulations : quelles grandeurs analysées ?

### Durée annuelle où $T_{\text{distribution d'eau chaude préchauffée}} < 50^{\circ}\text{C}$

C'est le nombre d'heures sur l'année où la température de la distribution d'eau chaude préchauffée par le solaire est inférieure à la température d'inhibition de la croissance et de destruction des légionelles ( $50^{\circ}\text{C}$ ).

### Durée annuelle où $20 < T_{\text{distribution d'eau chaude préchauffée}} < 45^{\circ}\text{C}$

C'est le nombre d'heures sur l'année où la température de la distribution d'eau chaude préchauffée par le solaire se trouve dans la zone de multiplication active des légionelles (entre  $20-25^{\circ}\text{C}$  et  $45^{\circ}\text{C}$ ).

### Durée de stagnation annuelle

C'est le nombre d'heures où aucune circulation de l'eau préchauffée par le solaire n'est assurée dans la distribution collective (cas d'une installation sans bouclage avec distribution directe, au gré des puisages des logements).

L'analyse se concentre sur l'évolution de ces températures pour un réseau de distribution d'eau chaude sanitaire :

- bouclé ou non bouclé ;
- avec ou sans mitigeur centralisé au départ de la distribution ;
- à Strasbourg, La Rochelle et Marseille.

### Commentaire

Ces grandeurs sont déterminées :

- sur le départ et le retour (si présence d'un bouclage) de la distribution d'eau chaude préchauffée ;
- pour le logement le plus défavorisé (le plus éloigné de la distribution principale).

## 3.6. • Les simulations : quels résultats ?

### 3.6.1. • Les temps de stagnation

Pour prévenir les risques liés aux légionelles, il est préconisé d'éviter la stagnation et d'assurer une bonne circulation de l'eau. Les plus fortes concentrations en légionelles sont en effet trouvées lorsqu'il existe des tuyauteries avec de l'eau stagnante.

Une configuration avec bouclage engendre une circulation permanente dans le réseau de distribution collectif d'eau préchauffée, évitant ainsi tout bras mort. Aucune stagnation d'eau ne favorise le développement de légionelles.

Les simulations montrent qu'une configuration sans bouclage induit d'importantes périodes de stagnation. La durée de stagnation est de 3650 heures, soit plus de 40% de l'année.

#### Commentaire

Durant la période de stagnation, la température de l'eau est :

- inférieure à 50°C pendant 70% du temps (soit 2667 heures) ;
- comprise dans la zone de multiplication active des légionelles (entre 20 et 45°C) pendant 37% du temps (soit 1351 heures).

### 3.6.2. • Les niveaux de température

En regard des préconisations établies sur les risques de brûlure, les résultats présentés dans ce chapitre considèrent uniquement une distribution mitigée (cf. 2.6).

**Durée annuelle où T** distribution d'eau chaude préchauffée **<50°C**

Pour limiter le développement des légionelles, il est nécessaire de maîtriser et de maintenir la température de l'eau à une température supérieure à 50°C en permanence et en tout point du réseau collectif. On rappelle que pour une installation de type CESCAI, la distribution d'eau chaude préchauffée par le solaire n'est pas concernée par ce maintien en température réglementaire (cf. 3.3).

Afin de quantifier le risque de développement des légionelles lié à la non maîtrise de la température, on donne dans le tableau (Figure 10), le nombre d'heures ainsi que la fréquence d'apparition où la température de la distribution d'eau chaude préchauffée par le solaire (en amont de l'appoint) est inférieure à 50°C.

La température au départ de la distribution d'eau chaude (en amont de l'appoint) est inférieure à 50°C en moyenne pendant 80% de l'année. On note que le bouclage de la distribution engendre des temps de maintien à des températures favorables au développement des légionelles plus longs (91% de l'année pour une configuration bouclée contre 72% pour une configuration non bouclée à Marseille).



| $T_{\text{distribution d'eau chaude préchauffée}} < 50^{\circ}\text{C}$ |              | Strasbourg  |         | La Rochelle |         | Marseille   |         |
|---|--------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
|   |              | Non bouclée | Bouclée | Non bouclée | Bouclée | Non bouclée | Bouclée |
| Durée annuelle (heures)   | Avec puisage | 3887        | 7694    | 3726        | 7733    | 3767        | 7992    |
|   | Sans puisage | 2667        |         | 2436        |         | 2513        |         |
|   | Total        | 6554        | 7694    | 6162        | 7733    | 6280        | 7992    |
| Fréquence d'apparition annuelle (%)                                     |              | 75          | 88      | 70          | 88      | 72          | 91      |

▲ Figure 10 : Nombre d'heures et fréquence d'apparition où la température d'eau préchauffée par le solaire au départ de la distribution du CESCAI mitigée (en amont de l'appoint) est inférieure à 50°C

### Durée annuelle où $20^{\circ}\text{C} < T_{\text{distribution d'eau chaude préchauffée}} < 45^{\circ}\text{C}$

La zone de multiplication active des légionelles se situe entre 20-25°C et 45°C. On donne dans le tableau (Figure 11), le nombre d'heures où la température de la distribution d'eau chaude préchauffée par le solaire (au départ et au retour) est comprise entre 20 et 45°C.

| $20^{\circ}\text{C} < T_{\text{distribution d'eau chaude préchauffée}} < 45^{\circ}\text{C}$ |              | Distribution non bouclée |           |             | Distribution bouclée |           |             |
|--|--------------|--------------------------|-----------|-------------|----------------------|-----------|-------------|
|  |              | Strasbourg               | Marseille | La Rochelle | Strasbourg           | Marseille | La Rochelle |
| Durée annuelle au départ de la distribution (heures)   | Avec puisage | 1855                     | 2599      | 2275        | 4138                 | 5879      | 5074        |
|  | Sans puisage | 1351                     | 1814      | 1553        |                      |           |             |
|  | Total        | 3206                     | 4412      | 3828        | 4138                 | 5879      | 5074        |
| Fréquence d'apparition annuelle au départ de la distribution (%)                             |              | 37                       | 50        | 44          | 47                   | 67        | 58          |
| Durée annuelle au retour de la distribution (heures)   |              | -                        | -         | -           | 4276                 | 6154      | 5310        |
| Fréquence d'apparition annuelle au retour de la distribution (%)                             |              | -                        | -         | -           | 49                   | 70        | 61          |

▲ Figure 11 : Nombre d'heures et fréquence d'apparition où la température d'eau préchauffée par le solaire se situe dans la zone active de développement des légionelles pour une configuration de CESCAI bouclée et non bouclée

La température de la distribution d'eau chaude se situe dans la zone active de multiplication des légionelles en moyenne sur l'année pendant 50% (au départ de la distribution) et 60% (au retour de la distribution bouclée).

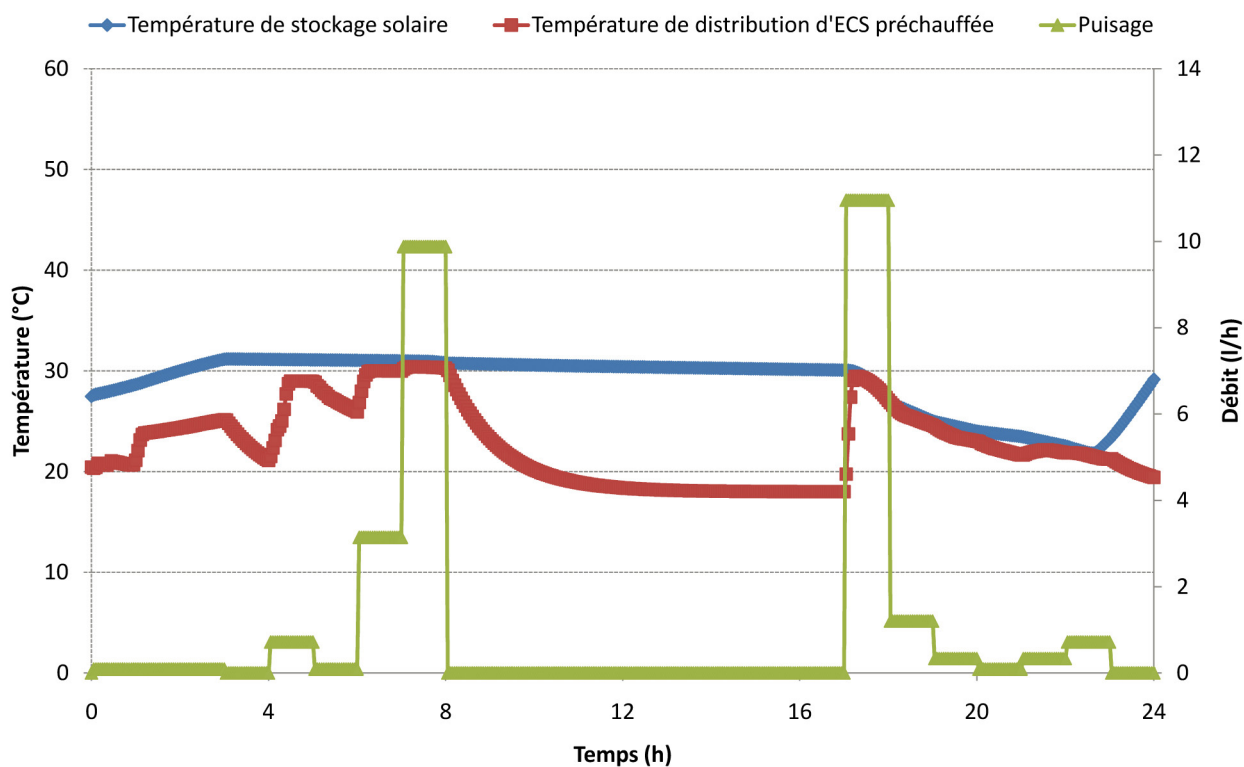
On note que le bouclage de la distribution induit une fréquence d'apparition de ces niveaux de température au départ de la distribution plus importante (58% contre 44% pour une configuration non bouclée à La Rochelle).

On donne (Figure 12) et (Figure 13) l'évolution des températures de la distribution d'eau chaude préchauffée par le solaire en fonction des puisages. Cette évolution est donnée pour une journée type d'hiver et pour une configuration de CESCAI non bouclée (Figure 12) et bouclée (Figure 13). On constate que :

- pour une configuration non bouclée et en période de stagnation, la température de la distribution collective atteint rapidement la température ambiante (inférieure à 20°C) ;
- pour une configuration bouclée, les évolutions de la température de distribution d'eau chaude et du solaire sont parfaitement

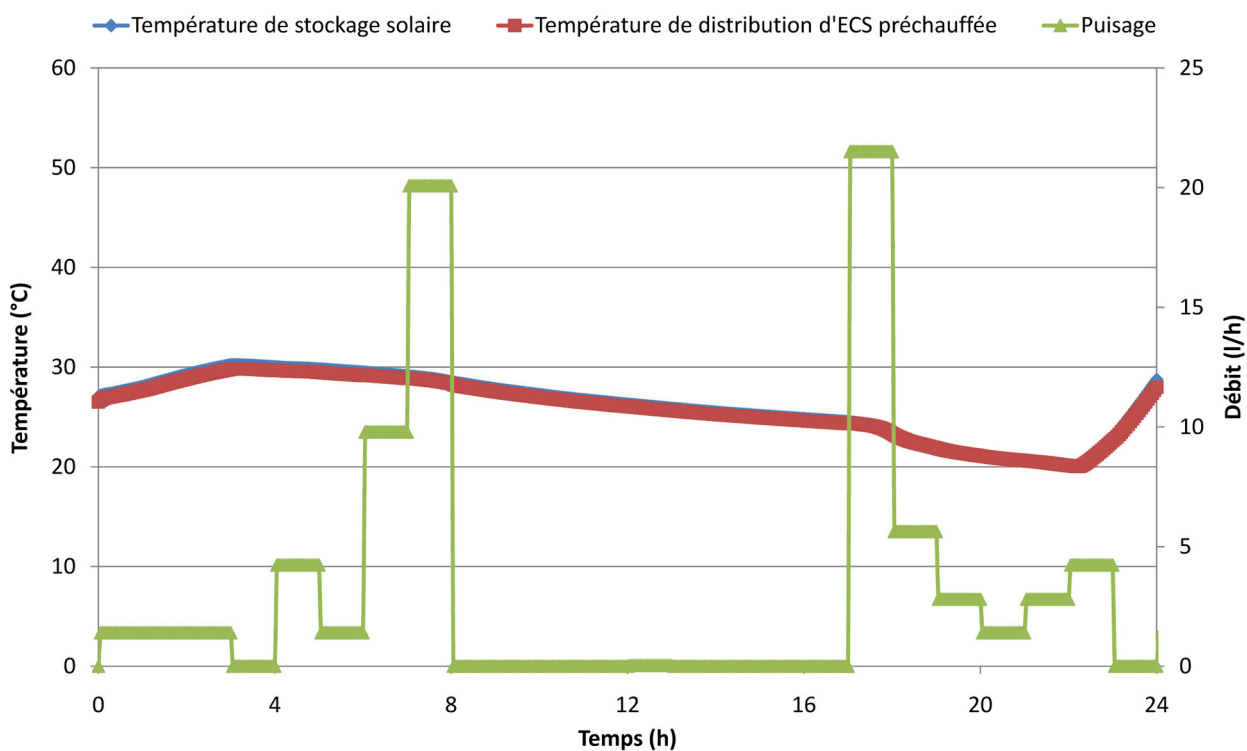
corrélées. La boucle est maintenue à des températures supérieures à celles constatées pour une configuration non bouclée.

### Configuration non bouclée : exemple d'une journée d'hiver



▲ Figure 12 : Evolution des températures de la distribution d'eau chaude préchauffée par le solaire pour une journée d'hiver et pour une configuration avec distribution non bouclée

### Configuration bouclée : exemple d'une journée d'hiver



▲ Figure 13 : Evolution des températures de la distribution d'eau chaude préchauffée par le solaire pour une journée d'hiver et pour une configuration avec distribution bouclée



### Commentaire

Pour une configuration non bouclée et pour de faibles soutirages (lavage de mains, petits lavages...), l'évolution de la température de distribution d'eau chaude n'est pas identique à celle du solaire. Elle est corrélée uniquement pour des usages plus importants (douches, vaisselle et nettoyage du sol notamment).

### 3.6.3. • La remise en température

L'eau préchauffée par le solaire doit être, en sortie d'appoint, maintenue ou portée à une température et pendant un temps suffisants pour limiter la concentration de légionelles. Suivant la configuration de l'appoint, ces exigences réglementaires peuvent être difficiles à garantir.

### Commentaire

L'approche retenue dans le cadre de cette étude ne permet pas de conclure précisément quant au comportement des appoints, ceux-ci n'ayant pas été modélisés.

#### Cas d'une production individuelle instantanée

On retrouve les productions par chauffe-eau instantané gaz ou électrique et les chaudières double usage à production d'eau chaude instantanée.

Dans un préparateur instantané, l'exigence de maintien au point de distribution peut être difficile voire impossible à tenir. En outre, l'eau préchauffée est portée pendant des temps très courts à des températures pouvant être insuffisantes pour limiter les concentrations en légionelles éventuellement présentes.

#### Cas d'une production individuelle par accumulation

On retrouve les productions par ballons électriques (de moyenne capacité) et les chaudières double usage à mini-accumulation (15-40 litres) ou à accumulation.

Le volume de stockage des ballons électriques doit permettre, en regard de la puissance disponible, de respecter les niveaux de températures et les durées associées pour éviter tout risque de contamination en légionelles. Pour les appoints de type chaudières murales double usage à mini-accumulation ou à accumulation, le temps de régénération du ballon doit également être limité pour respecter les niveaux de températures et les durées associées pour éviter tout risque de contamination en légionelles.



## 3.7. • Conclusion

La chaîne de risque lié aux légionelles peut se décomposer comme suit :

### Risque d'introduction

Le réseau d'eau froide est la principale source d'introduction de légionelles dans un réseau d'eau chaude sanitaire. Peu de possibilités ou de solutions techniques existent pour la prévention de l'introduction de ces bactéries.

### Risque de développement

Les températures de l'eau préchauffée par le solaire, stockée dans le ballon solaire et la distribution d'eau chaude sanitaire, sont favorables au développement des légionelles. La présence d'un bouclage implique des longs temps de maintien à des températures favorables au développement des légionelles. Mais son absence conduit à de longues périodes de stagnation contribuant au risque de développement de légionelles.



**Quelle que soit la configuration de CESCAI simulée dans cette étude (avec ou sans bouclage), la conception de l'installation hydraulique ne permet pas d'éviter à la fois la stagnation de l'eau et les températures propices au développement de légionelles.**

### Risque de diffusion

Puisqu'il paraît difficile de maîtriser le risque de développement légionelles dans la boucle solaire, les actions préventives ou correctives ne peuvent porter que sur les équipements d'appoint individuels.

Elles peuvent consister en une désinfection, en assurant un maintien ou une remise en température au point de distribution de l'eau préchauffée par le solaire. Afin de répondre à cette exigence, une production individuelle par accumulation (ballons électriques, chaudières à mini-accumulation ou à accumulation) peut être installée.

Elles peuvent également consister en une barrière physique, en séparant le volume d'eau préchauffée par le solaire du circuit de distribution d'eau chaude sanitaire. Cette séparation peut être réalisée par des échangeurs à plaques placés en entrée de chaque logement. Cette solution, aujourd'hui proposée par quelques industriels, doit être évaluée plus précisément et notamment sur le plan de la performance, du dimensionnement et de la régulation.

## **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.



## CHAUFFE-EAU SOLAIRES COLLECTIFS À APPOINTS INDIVIDUALISÉS (CESCAI)

### EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

SEPTEMBRE 2014

Ce rapport d'étude présente les résultats de simulations thermiques dynamiques réalisées pour différentes configurations de chauffe-eau solaires collectifs à appoints individuels (CESCAI). Elles sont modélisées afin d'étudier les niveaux de température en différents points de l'installation et ainsi évaluer les risques de brûlure et sanitaires de chacune d'elles.

Le CESCAI représente aujourd'hui plus de 30% de la surface de capteurs solaires installée en collectif et tertiaire (contre 60 et 10% respectivement pour le chauffe-eau solaire collectif centralisé et le chauffe-eau solaire collectif individualisé).

Différentes questions se posent quant aux risques liés à l'eau chaude sanitaire. En effet :

- vis-à-vis des risques de brûlure, les niveaux de température de l'eau préchauffée par le solaire sont-ils dangereux ? Dans ce cas, les systèmes de limitation de température existants sont-ils adaptés et suffisants pour éviter les risques de brûlure aux points de puisage sensibles ?
- vis-à-vis du risque de développement de légionelles, l'eau préchauffée par le solaire est-elle toujours portée, avant d'être puisée, à une température suffisante et pendant un temps satisfaisant pour limiter la concentration de légionelles ?
- si l'eau préchauffée par le solaire n'a pas pu être portée en température, a-t-elle été maintenue que très brièvement à des températures favorables au développement des légionelles ?