

# La conception des réseaux bouclés d'eau chaude sanitaire

Guide technique

Guide réalisé par le COSTIC



**COSTIC**

Comité Scientifique et Technique  
des Industries Climatiques

Référence ADEME  
Collection « Clés pour agir »

011437

ISBN N° 978-2-36301-017-9

Février 2021

# Sommaire

|  |            |
|--|------------|
| <b>POURQUOI CE GUIDE ?</b>   | <b>4</b>   |
| <b>QUEL EST LE CONTENU DE CE GUIDE ?</b>                             | <b>5</b>   |
| <hr/>  |            |
| <b>1. LA RÉGLEMENTATION ET LES RÈGLES DE L'ART</b>                   | <b>6</b>   |
| <hr/>  |            |
| <b>2. LE CHOIX DE L'ARCHITECTURE</b>                                 | <b>13</b>  |
| <hr/>  |            |
| <b>3. LES PERTES THERMIQUES ET LEUR LIMITATION</b>                   | <b>22</b>  |
| 3.1. L'impact des pertes thermiques du bouclage                      | 22         |
| 3.2. Les exigences réglementaires sur les classes d'isolation        | 23         |
| 3.3. Les solutions pour limiter les pertes thermiques                | 24         |
| 3.4. L'isolation des tubes et des singularités                       | 28         |
| 3.5. La détermination des pertes thermiques des canalisations        | 33         |
| 3.6. L'estimation des pertes thermiques des singularités             | 39         |
| <hr/>  |            |
| <b>4. LE DIMENSIONNEMENT DES RÉSEAUX BOUCLÉS</b>                     | <b>41</b>  |
| 4.1. Le dimensionnement des circuits collectifs d'alimentation d'ECS | 41         |
| 4.2. Le dimensionnement des circuits de retours du bouclage          | 51         |
| <hr/>  |            |
| <b>5. LE CHOIX DES MATÉRIAUX ET LES EQUIPEMENTS À PRÉVOIR</b>        | <b>66</b>  |
| 5.1. Les canalisations   | 67         |
| 5.2. Le circulateur  | 69         |
| 5.3. Un mitigeur ou non ?  | 72         |
| 5.4. Les organes de réglage  | 77         |
| 5.5. Les appareils de dégazage                                       | 81         |
| 5.6. Les équipements de contrôle                                     | 86         |
| 5.7. Les vannes de vidange, d'arrêt et les points d'injections       | 93         |
| <hr/>  |            |
| <b>6. LE RÉCHAUFFAGE DU BOUCLAGE</b>                                 | <b>95</b>  |
| 6.1. Le réchauffage par la production d'ECS                          | 95         |
| 6.2. L'utilisation d'un réchauffeur de boucle                        | 102        |
| <hr/>  |            |
| <b>RÉFÉRENCES</b>  | <b>104</b> |
| <b>ANNEXES</b>   | <b>109</b> |

# Pourquoi ce guide ?

**L**e bouclage constitue encore trop souvent un maillon faible des installations d'ECS. Les enjeux vis-à-vis de la conception des réseaux bouclés sont importants.

**Sur un plan énergétique**, le bouclage représente un poste de consommation d'énergie conséquent des installations d'ECS avec une production centralisée. Il n'est pas rare que ces consommations soient supérieures aux besoins utiles d'ECS.

Les pertes thermiques et les débits de bouclage impactent également sur le dimensionnement des systèmes de production.

Il est essentiel donc de concevoir le bouclage de manière à minimiser son impact énergétique. Cela passe notamment par un calorifugeage optimal du bouclage.

**Sur un plan sanitaire**, le bouclage constitue une partie de l'installation tout particulièrement à risque vis-à-vis du développement des légionelles. Afin de limiter ce risque, différentes exigences sont imposées sur un plan réglementaire, notamment une exigence très importante de température minimale de bouclage. Le NF DTU 60.11 fixe également des règles de dimensionnement pour répondre à cette contrainte sanitaire. Le réseau bouclé doit aussi être conçu pour permettre sa mise en service (désinfection, équilibrage,...) et son exploitation (entretien, surveillance des températures, ...).

**Sur le plan du confort**, les attentes des utilisateurs vis-à-vis de la limitation des temps d'attente de l'eau chaude aux points de puisage sont importantes. Un des rôles du bouclage est également de répondre à cette exigence. Sans bouclage, même sur-isolé, les températures de la distribution collective chutent rapidement, comme l'on montré des expérimentations menées récemment.

Ce guide, à visée pédagogique, traite de la conception du bouclage ; Comment concevoir et réaliser le bouclage pour répondre à ces différents enjeux énergétiques, sanitaires et de confort ?

Il vise à la fois les installations neuves et la rénovation et est destiné aux différents acteurs de la filière : maîtres d'ouvrage, bureaux d'études et installateurs.

Ce guide rédigé par le COSTIC, sous l'égide de l'ADEME, de GRDF et d'EDF, s'inscrit dans la continuité des travaux menés par le COSTIC sur l'ECS qui ont abouti, à ce jour, à la publication des trois ouvrages suivants :

- Les besoins d'eau chaude sanitaire en habitat individuel et collectif <sup>1</sup>.
- Le dimensionnement des systèmes de production d'eau chaude sanitaire en habitat individuel et collectif <sup>2</sup>.
- Vers une meilleure connaissance des besoins en eau chaude sanitaire en tertiaire <sup>3</sup>.

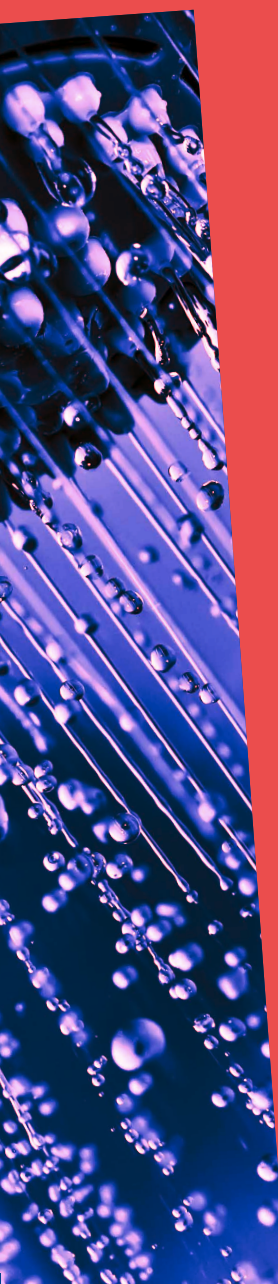
## Remerciements

L'ADEME, GRDF, EDF et le COSTIC tiennent à remercier Patrick PARIS (Président de CAPRIS) et Roland MESKEL (professeur à l'université de Lyon I) pour leur contribution à la préparation de cet ouvrage.

<sup>1</sup> COSTIC - Guide technique : Les besoins d'eau chaude sanitaire en habitat individuel et collectif - ADEME - Mai 2016 (téléchargeable librement sur <https://www.ademe.fr> ou <https://www.costic.com>)

<sup>2</sup> COSTIC - Guide technique : Le dimensionnement des systèmes de production d'eau chaude sanitaire en habitat individuel et collectif - ADEME, EDF, CEGIBAT, COSTIC - Juin 2019 (téléchargeable librement sur <https://www.ademe.fr>, <https://cegibat.grdf.fr> ou <https://www.costic.com>)

<sup>3</sup> COSTIC - Vers une meilleure connaissance des besoins d'eau chaude sanitaire en tertiaire - ADEME, CEGIBAT, COSTIC - Septembre 2020 (téléchargeable librement sur <https://www.ademe.fr>, <https://cegibat.grdf.fr> ou <https://www.costic.com>)





# QUEL EST LE CONTENU DE CE GUIDE ?

Ce guide traite de la conception des réseaux bouclés d'eau chaude sanitaire (ECS). Il aborde les différentes questions suivantes :

- Quelles sont les principales exigences réglementaires et règles de l'art concernant ces réseaux bouclés ?
- Quelles architectures de bouclage choisir ? Comment éviter le multibouclage ? Quelles architectures à proscrire ?
- Quel est le poids des pertes thermiques de bouclage ? Comment déterminer ces pertes ? Quelles solutions pour les limiter ? Quels sont les paramètres influents ?
- Comment dimensionner les canalisations allers et retours des réseaux bouclés ? Quelles sont les exigences à satisfaire ?
- Quels matériaux utiliser pour la distribution ? Quels équipements sont à prévoir sur ces réseaux bouclés ?
- Quel est l'impact du bouclage sur le système de production d'ECS ? Quels critères pour choisir un réchauffeur de boucle ?

## Qu'entend-on par bouclage, boucles, ... ?

Dans ce guide, le terme « bouclage » désigne l'ensemble du réseau bouclé d'ECS, c'est-à-dire à la fois le réseau de distribution d'ECS aller et le réseau de retour entre la production et les points de puisages. Comme le montre le schéma ci-après, le bouclage est constitué d'un ensemble de boucles.

## Comment utiliser ce guide ?

La mise en forme de cet ouvrage a été conçue de manière à permettre plusieurs niveaux de lecture. Pour chaque chapitre :

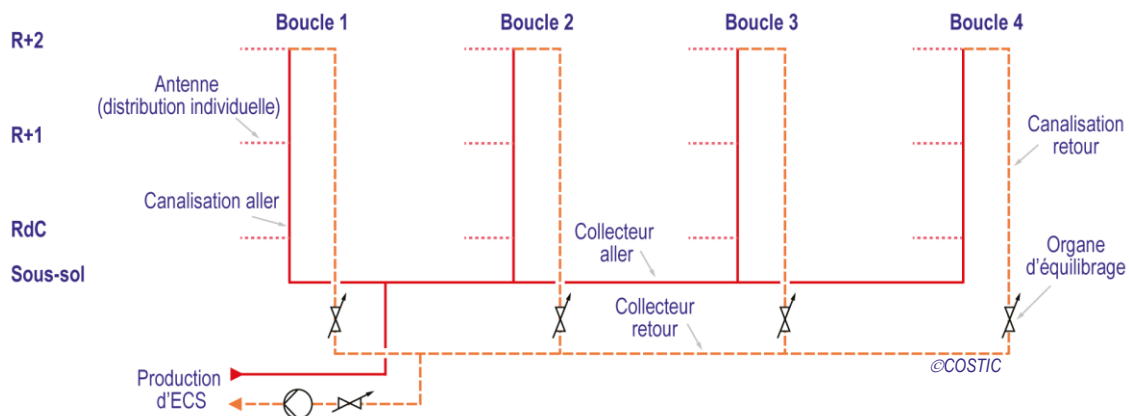
- En préliminaire, une brève présentation des différentes questions traitées avec les numéros des pages correspondants afin d'appréhender plus rapidement le contenu du chapitre.
- Également en début de chapitre, un encadré « En bref » avec l'information essentielle.
- Des titres de graphiques qui rappellent les points clés.
- Des points de vigilance en encadré.
- Des encadrés « Note » qui apportent des informations complémentaires.
- Des exemples d'application des méthodes de dimensionnement permettant de mieux comprendre leur utilisation concrète. Ces exemples portent sur un bouclage d'un immeuble d'habitation de 12 logements présenté figure ci-après, qui est utilisé à titre d'illustration tout au long du guide.

En fin d'ouvrage, figure les références des textes réglementaires, para-réglementaires, normatifs et autres documents cités dans ce guide ainsi qu'une nomenclature des symboles utilisés pour les schémas de principe.

Figure 1

## La définition d'antenne, de boucle et de collecteur selon le NF DTU 60.11 P1-2.

L'exemple de réseau bouclé d'un immeuble d'habitation de 12 logements pris en illustration tout au long du guide et terminologie utilisée.



# 1. LA RÉGLEMENTATION ET LES RÈGLES DE L'ART

## En bref

Les règles générales qui s'appliquent aux eaux destinées à la consommation humaine dont l'ECS sont édictées par le **code de la santé publique**.

Vis-à-vis de la prévention du risque lié aux **légionelles** dans les réseaux d'ECS, les 3 grands axes rappelés dans plusieurs circulaires de la Direction Générale de la Santé sont :

- d'éviter les **températures** favorables aux développements des micro-organismes,
- de lutter contre l'**entartrage** et la corrosion,
- d'éviter la **stagnation** et les faibles vitesses.

L'**arrêté du 1<sup>er</sup> février 2010** ainsi qu'une **circulaire du 22 avril 2002** et une autre du **28 octobre 2005** spécifient les mesures à mettre en œuvre pour la prévention du risque lié aux légionelles, respectivement, dans les ERP, les hôpitaux et les EHPAD.

L'**arrêté du 23 juin 1978** modifié par l'arrêté du 30 novembre 2005 impose un dispositif de maintien en température, tel que le bouclage, au-delà d'un volume de **3 litres** entre la sortie de production et le point de puisages le plus éloigné.

Cet arrêté impose également le maintien de la température d'ECS à **au moins 50°C** en tout point du bouclage.

Le **NF DTU 60.11 P1-2**, dont le domaine d'application est les bâtiments d'habitation et de bureaux, fixe à **8 mètres** la longueur maximale de la distribution entre la boucle et le point de puisages le plus éloigné, **pour limiter les temps d'attente**.

Les questions traitées dans ce chapitre portent sur les principales exigences réglementaires et pararéglementaires générales concernant le bouclage :

- L'eau chaude sanitaire est-elle considérée comme une eau potable ? (page 6)
- Quelles sont les règles générales sur les eaux destinées à la consommation humaine ? (page 7)
- Dans quels cas un dispositif de maintien en température de la distribution d'ECS est-il imposé réglementairement ? (page 8)
- Quelle est la température minimale du bouclage exigée ? (page 9)
- Quelles sont les autres exigences réglementaires sur le bouclage vis-à-vis de la prévention du risque lié aux légionelles ? (page 10)
- Quelles sont les règles de l'art à respecter vis-à-vis de la conception et de la mise en œuvre du bouclage ? (page 12)

Les exigences réglementaires spécifiques concernant par exemple les circulateurs, l'équilibrage, ou encore l'isolation sont présentées dans les chapitres traitant de ces points.

## L'eau chaude sanitaire est-elle considérée comme une eau potable ?

Oui, sur le plan réglementaire, l'ECS est considérée comme une eau destinée à la consommation humaine. Elle doit respecter les mêmes exigences que l'eau froide, notamment les mêmes limites et références de qualité des eaux portant sur des paramètres microbiologiques, chimiques, radiologiques et organoleptiques spécifiées dans l'**arrêté du 11 janvier 2007** modifié. La seule exception est la température spécifiée comme référence de qualité. La limite de température maximale fixée pour les eaux destinées à la consommation humaine est de 25°C, à l'exception des eaux ayant subi un traitement thermique pour la production d'eau chaude.

## Quelles sont les règles générales sur les eaux destinées à la consommation humaine ?

Les règles générales sur les eaux destinées à la consommation humaine sont édictées dans une section spécifique du **code de la santé publique** : articles L.1321-1 à L.1321-10 et R.1321-1 à R.1321-63. Une partie de ces articles est une transposition de la directive européenne de 1998 relative à la qualité des eaux.

Des obligations de résultats et de moyens sont imposées pour que ces eaux ne constituent pas un danger pour la santé des personnes. Concernant les réseaux d'eau intérieurs, il est spécifié notamment que :

- Les installations doivent être **conçues, réalisées et entretenues** de manière à empêcher l'introduction ou l'accumulation de micro-organismes, de parasites ou de substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes ou susceptibles d'être à l'origine d'une dégradation de la qualité de l'eau.
- **Toute personne publique ou privée responsable des réseaux** d'eau intérieurs (article L1321-4) est tenue :
  - de respecter les règles de conception et d'hygiène applicables à ces installations,
  - de surveiller la qualité de l'eau,
  - de prendre toutes mesures correctives nécessaires en vue d'assurer la qualité de l'eau, en cas de risque sanitaire et d'en informer les consommateurs.
- Les **matériaux** en contact avec l'eau, les **produits** et procédés de traitement, de nettoyage et de désinfection des installations doivent être conformes à des dispositions spécifiques définies par des arrêtés.
- Les contaminations par **retour d'eau** doivent être évitées.

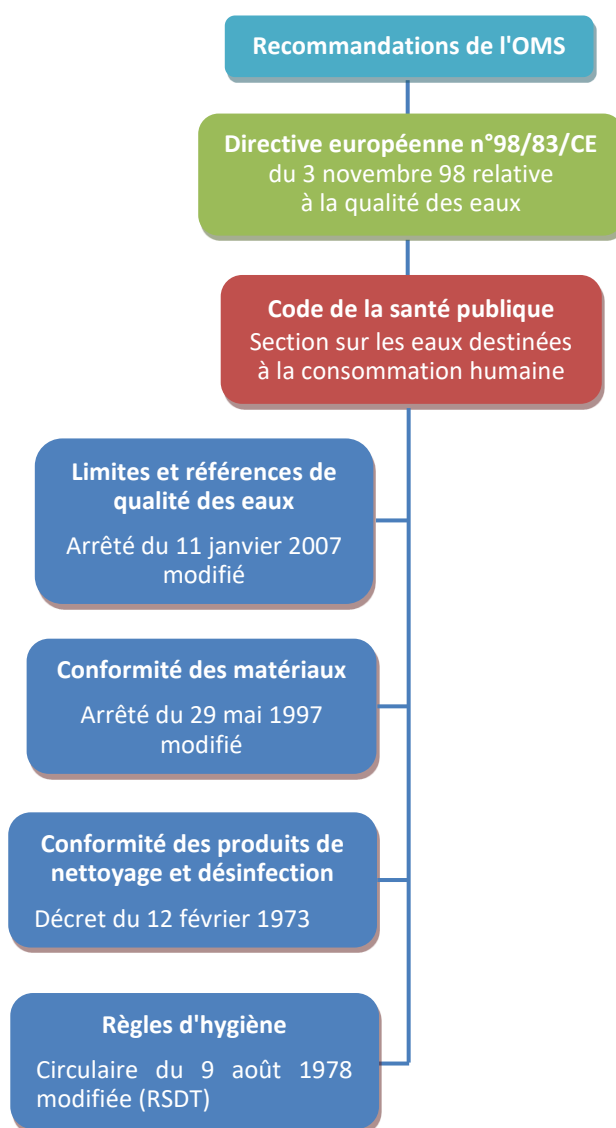
Des règles d'hygiène sur les réseaux d'eau intérieurs sont également imposées dans le **Règlement Sanitaire Départemental**. Il est spécifié notamment, dans le Règlement Sanitaire Départemental Type, que tout réservoir, toute canalisation neuve ou ancienne, destinés à la distribution de l'eau potable, doivent faire

l'objet **avant leur mise ou remise en service**, et dans leur totalité, d'un rinçage méthodique et d'une **désinfection**. La mise en service d'un réseau collectif neuf, public ou privé, ne peut être effectuée qu'après délivrance par l'autorité sanitaire du procès-verbal de réception hygiénique du réseau.

Figure 2

## La réglementation sur les eaux destinées à la consommation humaine s'applique également aux distributions d'ECS.

Ci-après, les principaux textes réglementaires sur les eaux destinées à la consommation humaine. Les exigences fondamentales de la directive européenne n°98/83/CE ont été transposées en droit français puis codifiées.



## Note

**Une nouvelle directive européenne sur la qualité des eaux**

Une nouvelle directive européenne 2020/2184 du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine a été publiée fin 2020. Le délai pour transposer cette nouvelle directive en droit français est de 2 ans.

Plusieurs paramètres de qualité d'eau ont été ajoutés, notamment les légionelles.

De nouvelles obligations d'évaluation des risques sanitaires relatifs aux installations domestiques ont été introduits.

Cette directive prévoit également une harmonisation des dispositions relatives aux matériaux entre les différents pays de la CEE.

### Dans quel cas un dispositif de maintien en température de la distribution d'ECS est-il imposé réglementairement ?

L'article 36 de l'arrêté du 23 juin 1978 modifié par l'arrêté du 30 novembre 2005 impose la mise en œuvre d'un dispositif de maintien en température de la distribution d'ECS, tel qu'un bouclage, lorsque le volume d'eau entre la sortie de la production et le point de puisages le plus éloigné est **supérieur à 3 litres**, si l'installation comporte des points de puisages à risque (voir note page ci-après sur le champ d'application de cet arrêté).

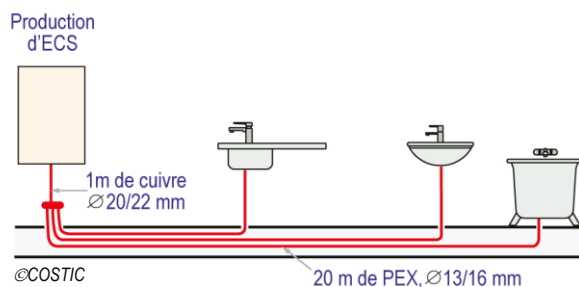
3 litres cela correspond par exemple au volume d'eau d'une canalisation en cuivre d'environ 26 mètres en 12/14 mm ; diamètre d'alimentation d'une douche ; ou bien encore d'environ 9 mètres en 20/22 mm ; diamètre couramment rencontré en entrée de logement (voir les valeurs de contenance en eau par mètre des tubes au chapitre suivant, page 14).

**De plus le NF DTU 60.11 P1-2** sur la conception des réseaux bouclés, dont le domaine d'application est les bâtiments d'habitation et de bureaux, impose une longueur maximale de la distribution terminale entre la boucle d'ECS et le point de puisages le plus éloigné de 8 mètres pour limiter les temps d'attente (voir figure ci-après). L'application de ce NF DTU 60.11 P1-2 peut être également imposée par voie contractuelle à d'autres types de bâtiments.

Figure 3

### Un dispositif de maintien en température de la distribution d'ECS n'est pas imposé si le volume d'eau entre la production et le point de puisages le plus éloigné est de moins de 3 litres.

Exemple d'installation pour laquelle un dispositif de maintien en température de la distribution d'ECS, tel qu'un bouclage, n'est pas exigé par l'arrêté du 23 juin 1978 modifié. Si le volume d'eau entre la production et le point de soutirages le plus éloigné est de moins de 3 litres, même si ce point est à plus de 8 mètres, un dispositif de maintien en température n'est pas imposé.



Volume d'eau entre la sortie de production et la baignoire < 3 l

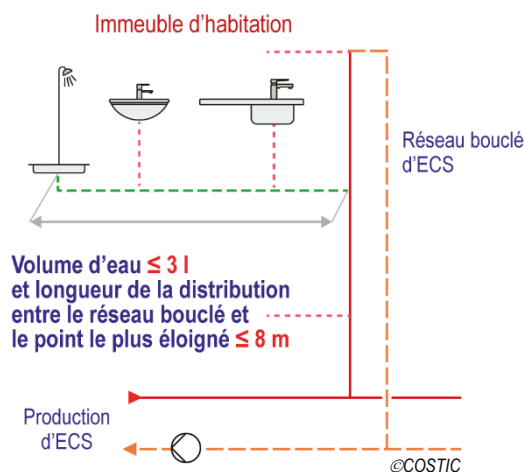
Figure 4

### L'exigence d'une antenne terminale de moins de 8 mètres n'est imposée qu'aux installations qui entrent dans le champ d'application du NF DTU 60.11 P1-2.

Une longueur maximale de la distribution terminale entre la boucle d'ECS et le point de puisages le plus éloigné de moins de 8 mètres est exigée par le NF DTU 60.11 P1-2 d'août 2013 qui porte sur la conception et le dimensionnement des réseaux bouclés. Cette exigence n'est donc imposée qu'aux bâtiments qui entrent dans le champ d'application de ce NF DTU, à savoir les bâtiments d'habitation ou de bureaux.

Elle vient s'ajouter à l'exigence souvent moins contraignante d'un volume d'eau de moins de 3 litres entre la production et le point le plus éloigné exigée par l'arrêté du 23 juin 1978 modifié, en présence de points de puisages à risque (voir encadré page ci-après).

A noter, que l'application de ce NF DTU peut être également imposée pour d'autres types de bâtiments par voie contractuelle.





## Note

**Le champ d'application de l'arrêté du 23 juin 1978 modifié**

L'article 36 modifié par l'arrêté du 30 novembre 2005 s'applique à tous les bâtiments d'habitation, locaux de travail et locaux recevant du public.

La circulaire interministérielle DGS/SD7A/DSC/DGUHC/DGE/DPPR/126 du 3 avril 2007 qui précise les modalités d'application de cet article, indique que ces dispositions concernent les **installations nouvelles**, réalisées dans des bâtiments neufs ou existants ; équipements de production et système de distribution neufs.

Les mesures de cet arrêté imposées afin de limiter le risque lié aux légionelles, visent les installations d'ECS sur lesquels sont susceptibles d'être raccordés des **points de puisages à risque**.

Les points de puisages à risque sont définis dans cet arrêté comme les points susceptibles d'engendrer l'exposition d'une ou plusieurs personnes à un **aérosol d'eau** ; il s'agit notamment des douches.

Ainsi, une installation dans un immeuble de bureaux qui ne dessert que des lavabos des sanitaires n'est pas soumise aux exigences de volume maximal de 3 litres entre la production et le point le plus éloigné et de températures minimales de production et de distribution de cet arrêté.

Néanmoins, de manière générale, il est souhaitable de **limiter le plus possible la longueur** des réseaux de distribution et de **respecter ces exigences de températures** qui permettent de limiter les risques sanitaires.

Notamment, plus les longueurs sont importantes, moins l'eau dans la distribution est renouvelée et plus les risques sanitaires liés à la stagnation de l'eau sont élevés.

**Quelle est la température minimale du bouclage exigée réglementairement ?**

La température de l'ECS dans le bouclage doit être supérieure ou égale à **50°C** en tout point du bouclage.

L'arrêté du 23 juin 1978 modifié spécifie que cette exigence doit être respectée pendant l'utilisation des systèmes de production et de distribution d'ECS et dans les 24 heures précédant leur utilisation.



Il est recommandé d'opter pour une température de **consigne de production centralisée d'ECS de 60°C**, même si réglementairement des valeurs plus élevées peuvent être adoptées pour la production.

Une température plus élevée engendre :

- Un risque de brûlure accru.
- Des pertes thermiques de stockage et de distribution plus importantes.
- Plus d'entartrage.

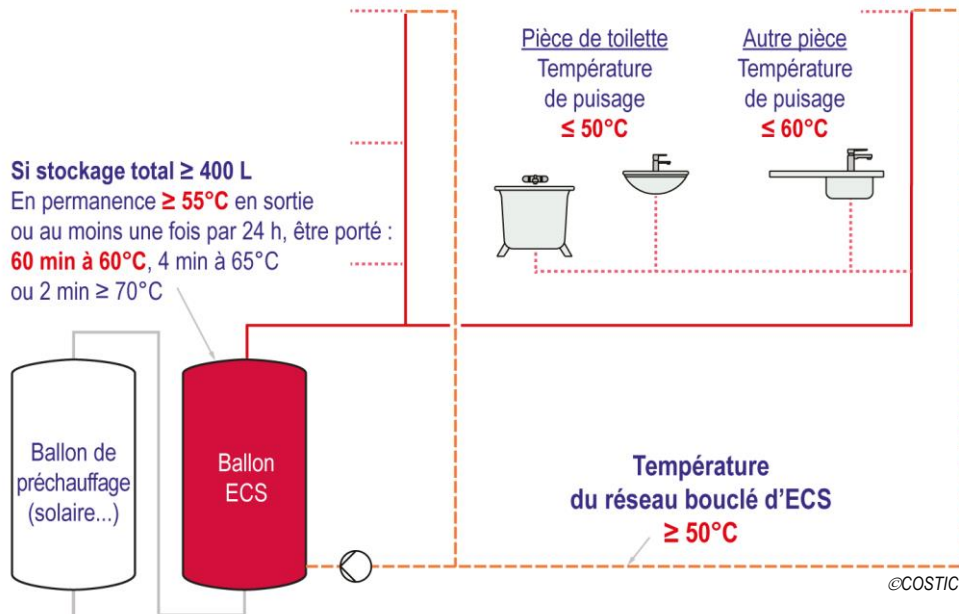
Adopter une température de consigne de production centralisée de **55°C**, souvent, ne permet pas de satisfaire l'exigence réglementaire d'une température en permanence supérieure ou égale à **55°C** en sortie de production, compte tenu du différentiel de régulation.

Cela risque également de conduire à des températures au sein du bouclage inférieures à la limite réglementaire de **50°C**.

Figure 5

## Sur les installations avec une production centralisée d'ECS, des limitations de températures sont imposées pour le bouclage ainsi qu'au niveau de la production et des points de puisages.

Ci-après, les limites de températures fixées par l'arrêté du 23 juin 1978 modifié par l'arrêté du 30 novembre 2005 dans le cas d'une installation comportant des points de puisages à risque susceptibles d'engendrer une exposition à un aérosol.



Quelles sont les autres exigences réglementaires sur le bouclage vis-à-vis de la prévention du risque lié aux légionelles ?



Les trois **grands axes de prévention du risque de prolifération des légionelles** dans les réseaux d'ECS, rappelés dans plusieurs circulaires de la Direction Générale de la Santé, notamment la circulaire du 21 décembre 2010 sont de :

- « **Éviter la stagnation** et assurer une **bonne circulation de l'eau**.
- **Lutter contre l'entartrage et la corrosion** par une conception et un entretien adaptés à la qualité de l'eau et aux caractéristiques de l'installation.
- **Maintenir l'eau à une température élevée** dans les installations, depuis la production et tout au long des circuits de distribution et mitiger l'eau au plus près des points d'usage (pour éviter les brûlures). »

Ces mesures de prévention visent à éviter d'offrir des conditions favorables à la prolifération des légionelles.

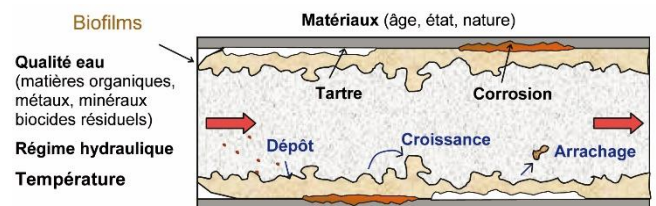
Figure 6

## Maîtriser les paramètres favorisant la croissance des biofilms permet de limiter les risques microbiologiques.

Les biofilms fixés sur les parois intérieures des canalisations et autres équipements en contact avec l'eau sont constitués d'un ensemble de micro-organismes englobés dans un gel d'origine microbienne.

C'est au sein de ces biofilms que les légionelles et autres micro-organismes se développent car ils y trouvent protection et nutriments.

La croissance de ces biofilms dépend de nombreux paramètres tels que les températures, les vitesses de circulation de l'eau et les éléments nutritifs.



Dans les ERP, l'arrêté du 1<sup>er</sup> février 2010 impose de réaliser au moins une fois par an des prélèvements pour des analyses de légionelles, notamment en retour de bouclage (voir figure ci-après).

Le seuil limite de *Légionella pneumophila* à respecter fixé par cet arrêté, au niveau de tous les points d'usage à risque, est de 1 000 UFC/l (Unité Formant Colonie par litre d'eau), à l'exception des points d'usages accessibles à des patients à hauts risques en établissement de santé ou aucune *Légionella pneumophila* ne doit être détectée.

Un contrôle des températures d'ECS, en particulier en sortie de production et au niveau de chaque retour de boucles, est également exigé par cet arrêté ; la température étant un indicateur très important vis-à-vis du risque lié aux légionelles. La fréquence minimale de ce contrôle varie de 1 fois par jour (ou en continu) à 1 fois par mois selon le type de bâtiment (voir ci-après).

La circulaire du 21 décembre 2010 concernant la mise en œuvre de cet arrêté comporte un guide de recommandations sur la prévention du risque lié aux légionelles. Ce guide indique entre autres, les dispositions à prendre pour les **établissements restants inoccupés** pendant plusieurs semaines.

Figure 7

### La surveillance du risque lié aux légionelles repose sur des mesures fréquentes de températures et des analyses annuelles de légionelles.

Points de surveillance et fréquences minimales des mesures de températures d'ECS et des analyses de légionelles imposés par l'arrêté du 1<sup>er</sup> février 2010 en ERP.

| Mesures obligatoires de températures  |                                    |                 |
|---|------------------------------------|-----------------|
| Points de surveillance  | Etablissements de santé            | Autres ERP      |
| Sortie de la/des production(s)  | 1 fois par jour (ou en continu)    | 1 fois par mois |
| Point(s) d'usage à risque représentatif(s) ET point(s) d'usage le(s) plus éloigné(s)  | 1 fois par semaine (ou en continu) |                 |
| Points d'usage représentatifs utilisés par des patients à risque                      | 1 fois par semaine (ou en continu) |                 |
| Point(s) d'usage à risque représentatif(s) OU à défaut point(s) le(s) plus éloigné(s) |                                    | 1 fois par mois |
| Retours de chaque boucle  | 1 fois par jour (ou en continu)    | 1 fois par mois |

### Analyses obligatoires de légionelles

| Points de prélèvements  | Etablissements de santé | Autres ERP    |
|---|-------------------------|---------------|
| Fond de ballon(s)   | 1 fois par an           |               |
| Point(s) d'usage à risque représentatif(s) ET point(s) d'usage le(s) plus éloigné(s)  | 1 fois par an           | 1 fois par an |
| Points d'usage représentatifs utilisés par des patients à risque                      | 1 fois par an           |               |
| Point(s) d'usage à risque représentatif(s) OU à défaut point(s) le(s) plus éloigné(s) |                         | 1 fois par an |
| Retour général de bouclage  | 1 fois par an           | 1 fois par an |

Les établissements de santé font également l'objet de la circulaire DGS/SD7A/SD5C/DHOS/E4 n°2002/243 du 22 avril 2002 qui précise les mesures de prévention et les modalités de surveillance à mettre en œuvre vis-à-vis de ce risque dans ces établissements. Elle comporte notamment des fiches traitant de la conception, de la maintenance, du nettoyage et de la désinfection des réseaux d'ECS.

Les établissements sociaux et médico-sociaux d'hébergement pour personnes âgées font également l'objet de la circulaire DGS/SD7A-DHOS/E4-DGAS/SD2 n°2005-493 du 28 octobre 2005. Cette circulaire comporte les mêmes fiches sur la conception et la maintenance des réseaux d'ECS que la circulaire sur les établissements de santé.

Pour tous les types de bâtiments, la note d'information DGS/EA4 n° 2014-167 du 23 mai 2014 diffuse un guide d'investigation et d'aide à la gestion du risque lié aux légionelles. Dans ce guide figure notamment une synthèse des retours d'expériences sur les actions curatives et des exemples de communication vis-à-vis des usagers en cas de contamination.

## Quelles sont les règles de l'art à respecter vis-à-vis de la conception et de la mise en œuvre du bouclage ?

Les principaux NF DTU à respecter spécifiant les règles de l'art sont indiqués figure ci-après.

Le respect des NF DTU est imposé par voie réglementaire pour les marchés publics et par voie contractuelle pour les marchés privés.

Par ailleurs, le code des assurances prévoit une **déchéance de tout droit de garantie** en cas d'inobservation inexcusable des règles de l'art (annexe I de l'article A243-1 du code des assurances).



Le **NF DTU 60.11** a pour domaine d'application les bâtiments d'**habitation** et de **bureaux**.

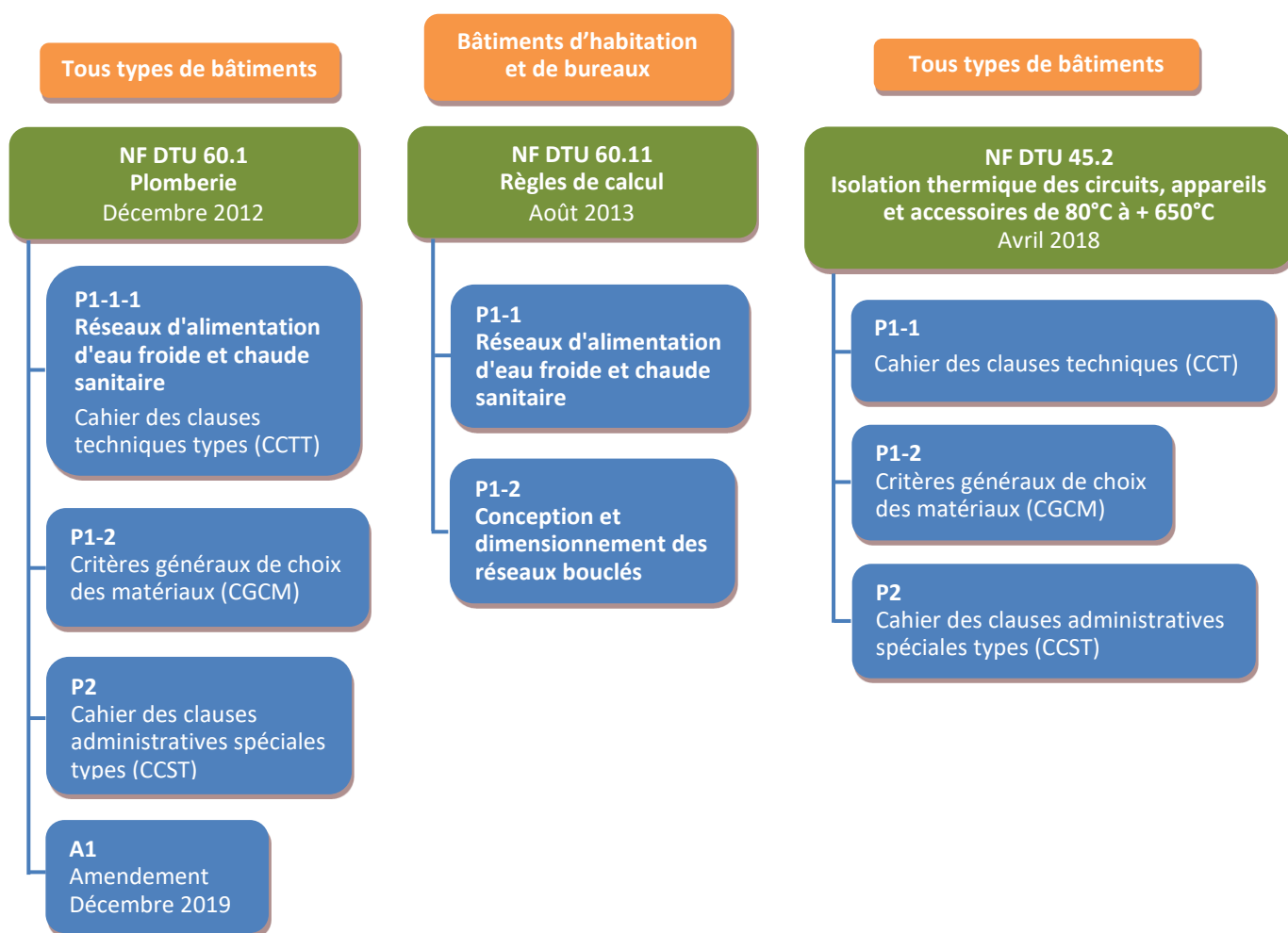
Toutefois, son application peut être imposée à d'autres types de bâtiments par voie contractuelle.

Remarque : Les travaux de canalisations pour le transport d'ECS entre bâtiments font l'objet d'un NF DTU spécifique ; le **NF DTU 65.9**. Ce DTU s'applique aux canalisations enterrées (dans des caniveaux maçonnés ou dans une gaine métallique étanche), en galerie technique ou bien en élévation à l'air libre. Il ne traite pas des canalisations pré-isolées.

Figure 8

### Plusieurs règles de l'art sont à respecter pour le bouclage.

Les NF DTU 60.1 et 45.2 portent principalement sur les règles de mise en œuvre et le NF DTU 60.11 sur la conception et les règles de calcul.





## 2. LE CHOIX DE L'ARCHITECTURE

### En bref

L'architecture du bouclage doit être choisie pour minimiser à la fois les **risques sanitaires**, les **consommations** d'eau et d'énergie ainsi que les **temps d'attente** et répondre aux **contraintes d'exploitation** du bâtiment.

Le nombre de points de puisages et les **longueurs** de bouclage doivent être le plus possible **limités**.

Les valeurs maximales imposées de **3 litres** et de **8 mètres** pour les antennes alimentant les points de puisages doivent être respectées tout en **prohibant la multiplication des boucles** (le multibouclage).

**Ne pas chercher à minimiser le plus possible les longueurs d'antennes.**

**L'incorporation des boucles** d'ECS peu ou pas calorifugées **dans les planchers**, à l'origine de nombreux sinistres, est **à prohiber**.

Plusieurs solutions existent pour éviter le multibouclage :

- **Regrouper** le plus possible les points de puisages.
- **Rapprocher, si nécessaire,** le réseau de bouclage des points de puisages par des dévoiements.
- **Augmenter le nombre de points de puisages alimentés par une même boucle** en différenciant les parcours allers et retours.
- Mettre en œuvre **plusieurs productions centralisées d'ECS** ou sous-stations.
- Recourir à des **productions décentralisées** pour certains points de puisages trop éloignés.

Il est recommandé également d'opter, le plus possible, pour **des cheminements des circuits d'eau froide différents** de ceux des réseaux de **bouclage** et de **chauffage** afin d'éviter le réchauffage de l'eau froide, favorables aux développements microbiologiques.

Les questions traitées dans ce chapitre sont les suivantes :

- Quelles sont les exigences à respecter concernant l'architecture du bouclage ? (ci-après)
- Quelles architectures du bouclage sont à prohiber ? (page 15)
- Quelles solutions pour éviter le multibouclage ? (page 16)
- Quelle architecture du bouclage choisir ? (page 17)

### Quelles sont les exigences à respecter concernant l'architecture du bouclage ?

L'architecture du bouclage doit être conçue afin de satisfaire différentes exigences :

- **Des longueurs d'antennes terminales** entre les points de piquage sur le bouclage et les points de puisages satisfaisant les exigences imposées vis-à-vis de la prévention des risques sanitaires, du confort et des consommations d'eau. Le but est de limiter les volumes d'eau non maintenus en température qui peuvent être également stagnants et de minimiser les temps d'attente ainsi que les pertes en eau liés à ceux-ci.
  - **Sur un plan réglementaire**, l'arrêté du 23 juin 1978 modifié qui s'applique à tous les bâtiments d'habitation, locaux de travail et locaux recevant du public, impose, en présence de points de puisages à risque vis-à-vis de la légionellose (de points émetteurs d'aérosol), un volume maximal d'antenne de **3 litres**.
  - Le **NF DTU 60.11 P1-2**, qui a pour domaine d'application les bâtiments d'habitation et les bureaux, exige une longueur maximale d'antenne de **8 mètres pour limiter les temps d'attente**.

Figure 9

### 3 litres, c'est par exemple 9 mètres en 20/22 ou bien 26 m en 12/14.

Valeurs de contenance en eau en litres par mètre des tubes en cuivre et en PEX, longueurs de tube correspondant à un volume d'eau de 3 litres maximal et volumes d'eau pour 8 mètres de tube.

| Tube   | Diamètre intérieur/extérieur en mm | Contenance du tube en litres par mètre | Longueur de tube en mètres ≤ à 3 litres | Volume d'eau en litres de 8 m de tube |
|--------|------------------------------------|--|---|---------------------------------------|
| Cuivre | 10/12                              | 0,079                                  | 38                                      | 0,6                                   |
|        | 12/14                              | 0,113                                  | 26                                      | 0,9                                   |
|        | 13/15                              | 0,133                                  | 22                                      | 1,1                                   |
|        | 14/16                              | 0,154                                  | 19                                      | 1,2                                   |
|        | 16/18                              | 0,201                                  | 14                                      | 1,6                                   |
|        | 20/22                              | 0,314                                  | 9                                       | 2,5                                   |
| PEX    | 9.8/12                             | 0,075                                  | 39                                      | 0,6                                   |
|        | 13/16                              | 0,133                                  | 22                                      | 1,1                                   |
|        | 16.2/20                            | 0,206                                  | 14                                      | 1,6                                   |
|        | 20.4/25                            | 0,327                                  | 9                                       | 2,6                                   |

Figure 10

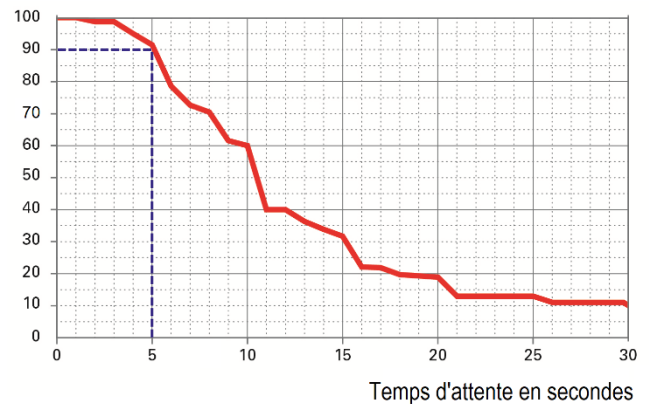
### 8 m en 13/16, c'est par exemple 5 secondes de temps d'attente et 90% d'usagers satisfaits pour un débit d'ECS de 12 l/min.

**Estimation des temps d'attente** au point de puisages pour des débits d'ECS de 4 et 12 l/min et des longueurs de tubes de 1 à 8 m en cuivre ou en PEX. Les temps d'attente sont supposés égaux aux temps de parcours de l'ECS. Ils correspondent à la contenance en eau du tube divisée par le débit en litre par seconde.

| Tube   | Diamètre intérieur/extérieur en mm | Temps d'attente en secondes pour un débit d'ECS de |    |    |                             |    |    |
|--------|------------------------------------|--|----|----|-----------------------------|----|----|
|        |                                    | 4 l/min et une longueur de                         |    |    | 12 l/min et une longueur de |    |    |
|        |                                    | 1m   | 5m | 8m | 1m                          | 5m | 8m |
| Cuivre | 10/12                              | 1  | 6  | 9  | 1                           | 2  | 3  |
|        | 12/14                              | 2  | 8  | 14 | 1                           | 3  | 5  |
|        | 13/15                              | 2  | 10 | 16 | 1                           | 3  | 5  |
|        | 14/16                              | 2  | 12 | 18 | 1                           | 4  | 6  |
|        | 16/18                              | 3  | 15 | 24 | 1                           | 5  | 8  |
|        | 20/22                              | 5  | 24 | 38 | 2                           | 8  | 13 |
| PEX    | 9.8/12                             | 1  | 6  | 9  | 1                           | 2  | 3  |
|        | 13/16                              | 2  | 10 | 16 | 1                           | 3  | 5  |
|        | 16.2/20                            | 3  | 15 | 25 | 1                           | 5  | 8  |
|        | 20.4/25                            | 5  | 25 | 39 | 2                           | 8  | 13 |

**Taux de satisfaction des usagers** en pourcentage en fonction du temps d'attente de l'eau chaude au robinet. Ces valeurs sont issues d'une enquête menée par Gaz de France auprès de 600 personnes.

Taux de satisfaction en %



**Ne pas chercher à minimiser le plus possible les longueurs d'antennes**, car cela risque d'engendrer des longueurs et des nombres de boucles plus importants.

La limitation de la longueur des antennes, à moins de 3 mètres dans certains établissements hospitaliers, a abouti à des réseaux jusqu'à plusieurs centaines de boucles, impossibles à maîtriser au niveau de l'exploitation et avec des débits de bouclage supérieurs aux débits de soutirages. Alors que l'objectif était de réduire le risque de développement des légionelles, le nombre de boucles conséquent a au contraire accru ce risque.

Le passage des boucles au dos des robinets réalisé sur certains sites a été également source de contamination (en engendrant un réchauffage de l'eau au sein de la chambre de mélange du robinet). Il est à prohiber.

Des longueurs de boucles plus importantes génèrent également plus de pertes thermiques. Mieux vaut attendre un peu l'eau chaude aux robinets que de dépenser beaucoup plus d'énergie pour le bouclage.

- **Un nombre de points de puisages limité.** Eviter d'installer des postes susceptibles d'être inutilisés. Cela contribue à la fois à réduire les risques sanitaires et les consommations d'énergie.
- **Un nombre de boucles limité.**
  - **Une boucle propre pour chaque point** de puisages, ou le cas échéant pour un faible nombre de points de puisages est à **proscrire** comme le spécifie le NF DTU 60.11 P1-2.
  - Le nombre de boucles doit être **compatible avec l'exploitation** du bâtiment comme l'exige ce NF DTU. Au-delà **d'une vingtaine de boucles**, la mise en service (équilage, désinfection, ...) et l'exploitation (contrôles des températures, entretien, ...) devient plus difficile à maîtriser.
- **Des longueurs de réseaux de bouclage les plus courtes possibles**, à la fois vis-à-vis de la prévention des risques sanitaires (maîtrise et exploitation plus aisée) et des consommations énergétiques (moins de pertes thermiques). De manière générale, le NF DTU 60.1 P1-1 exige que le tracé des canalisations soit le plus court possible.
- **Une production d'ECS localisée au milieu de la distribution**, le plus possible, de manière à limiter les longueurs de chaque boucle et les chutes de température au sein des boucles (voir chapitre 4.2).
- **Proscrire le réchauffage des réseaux d'eau froide** par les circuits de bouclage et de chauffage favorables aux développements microbiologiques. Pour cela, outre le calorifugeage des réseaux d'eau froide, il est recommandé d'adopter, le plus possible, des cheminements des réseaux d'eau froide différents de ceux des circuits de bouclage et de chauffage. Pour limiter ce réchauffage de l'eau froide, il est également possible d'avoir recours à des dispositifs permettant de lutter contre la stagnation (soutirages automatiques réguliers par des robinetteries électroniques ou en fonction de la température d'eau froide).

La figure ci-après présente, à titre d'exemple, l'élévation de la température du réseau d'eau froide observée dans une gaine technique provoquée par les pertes thermiques du réseau de bouclage (réseaux tous les deux calorifugés).

Figure 11

**Opter, le plus possible, pour des cheminements des réseaux d'eau froide différents de ceux du bouclage et du chauffage afin d'éviter le réchauffage de l'eau froide.**

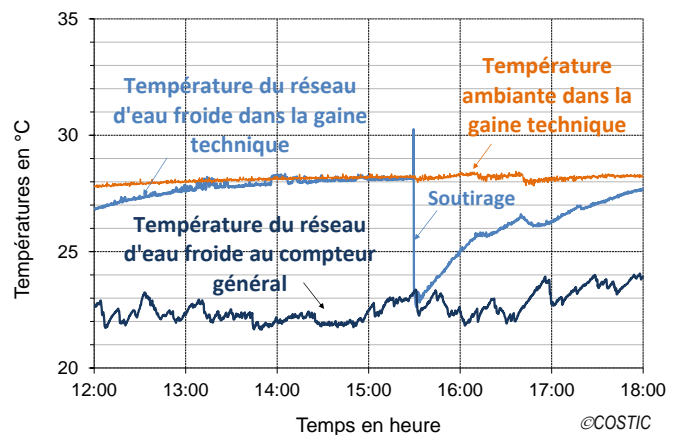
Exemple de températures enregistrées par le COSTIC dans une gaine technique d'un EHPAD, en septembre avant la saison de chauffe.

Les températures d'eau froide varient de 23 à 30°C.

Les températures ambiantes dans la gaine technique sont en moyenne aux environs de 28°C, quelques degrés de plus que dans le couloir juste à côté.

Dans cette gaine technique passent les réseaux de bouclage d'ECS, de chauffage ainsi que les circuits d'eau froide et d'ECS qui desservent 2 chambres contiguës. Ces canalisations sont toutes calorifugées (19 mm de mousse élastomère pour l'eau froide et l'ECS, soit une classe 4 d'isolation).

Dans cet EHPAD, des concentrations de légionelles supérieures à 1000 UFC/l dans l'eau froide aux points de puisages ont été observées.



## Quelles architectures du bouclage sont à proscrire ?

Il faut absolument éviter :

- **L'incorporation des boucles d'ECS dans les planchers** (voir figure ci-après). Ces boucles non calorifugées ou très faiblement, compte tenu de la contrainte d'épaisseur du plancher, conduisent à des pertes thermiques importantes, des températures et des débits souvent insuffisants

vis-à-vis du risque lié aux légionelles, des surchauffes des locaux traversés et souvent également un réchauffage des réseaux d'eau froide, comme le montrent les nombreux sinistres rencontrés.

Figure 12

### L'incorporation des boucles d'ECS dans les planchers, à l'origine de nombreux sinistres, est à proscrire.

Exemple de distribution à partir d'une gaine palière en habitat collectif. Chaque appartement est desservi par une boucle en PEX non calorifugée incorporée dans le plancher.

Cela génère des pertes thermiques importantes et des températures souvent critiques vis-à-vis du risque lié aux légionelles.

Cela conduit également à un nombre de boucles et à un débit total de bouclage requis beaucoup plus élevés ; 12 boucles au lieu de 4 pour une distribution avec des colonnes en gaine technique, pour un exemple d'immeuble de 12 logements (R+2) et donc aussi un débit total de bouclage requis 3 fois plus important.

#### A éviter absolument



**Une seule gaine palière avec des boucles d'ECS incorporées dans les planchers pour desservir les logements est une solution à proscrire.**

- **Un multibouclage** (un nombre de boucles élevé), impossibles à maîtriser au niveau de l'exploitation, conduisant à des risques sanitaires importants et

également à des débits de bouclage requis très élevés. Comme évoqué précédemment, une boucle pour un seul point de puisages ou un faible nombre est proscrite et le nombre total de boucles est à limiter.

### Quelles solutions pour éviter le multibouclage ?

Plusieurs solutions permettent d'éviter le multibouclage :

- **Regrouper** le plus possible les points de puisages et limiter leur nombre.
- **Rapprocher, si nécessaire, le réseau de bouclage** des points de soutirages. Si un groupe de points de puisages est un peu trop éloigné du réseau de bouclage, des dévoiements peuvent être réalisés pour respecter les longueurs d'antennes maximales imposées, au lieu de créer une nouvelle boucle (voir exemples figures 13 et 14 ci-après). Ces dévoiements sont à employer que s'ils sont réellement justifiés (par exemple, pas pour alimenter un seul point de puisages) car ils complexifient la mise en œuvre. Ils entraînent également une augmentation du nombre de chapeaux de gendarmes (👤) et de coudes, sources de turbulences et donc zones plus sensibles aux corrosions par érosion pour le cuivre.
- **Augmenter le nombre de points de puisages alimentés par une même boucle**, en différenciant les parcours aller et retour. Cette différenciation des cheminements permet d'allonger le parcours des canalisations d'alimentation d'une même boucle et d'y raccorder plus de points de puisages (voir exemples figures 13 et 15 ci-après).
- **Ne pas alimenter avec le réseau bouclé, certains points de puisages trop éloignés** (par exemple, à plus de 15 mètres, comme sur la figure 20 page 25) en mettant en œuvre pour ceux-ci une production décentralisée.
- **Recourir à plusieurs productions d'ECS centralisées** au lieu d'une seule ou bien créer des sous-stations.



Figure 13

### Pour éviter de créer des boucles supplémentaires, adopter un tracé qui permette d'augmenter le nombre de points de puisages raccordés sur une même boucle.

Exemple de solution permettant d'éviter le multibouclage. Le tracé des boucles horizontales en faux-plafond est dévié de manière à respecter les 8 mètres par rapport aux points de puisages au lieu de créer des boucles spécifiques supplémentaires pour desservir les points de soutirages un peu éloignés.

Les parcours allers et retours des boucles sont différenciés de manière à alimenter plus de points de puisages par une même boucle.

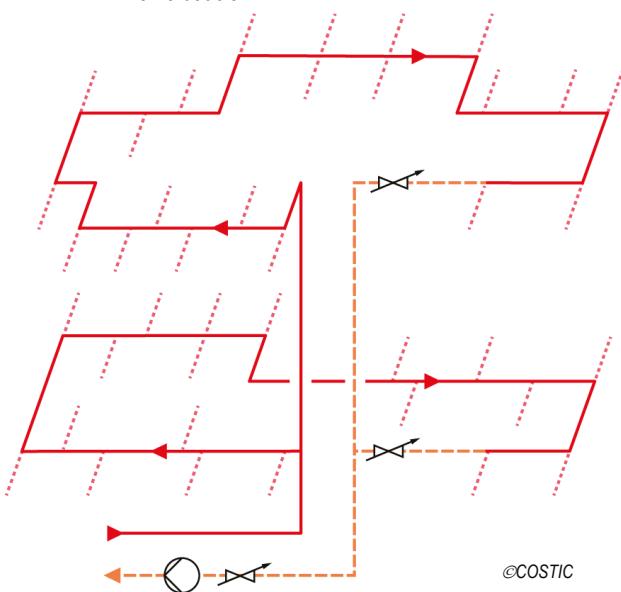
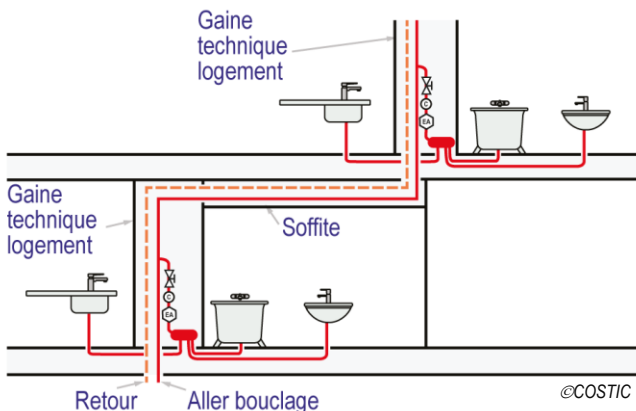


Figure 14

### La mise en œuvre de soffites à certains étages peut permettre d'éviter la création d'une autre colonne.

Exemple de dévoiement réalisé de manière à éviter la création d'une autre colonne pour desservir les points de puisages de l'appartement à l'étage supérieur, à plus de 8 m de la colonne montante qui dessert le logement du bas.

Un soffite est créé dans la salle de bains de l'appartement au niveau inférieur pour le passage des canalisations aller et retour du bouclage déviées. La gaine technique n'est pas verticale sur toute la hauteur dans ce cas.



## Quelle architecture du bouclage choisir ?

L'architecture du bouclage doit être conçue afin de satisfaire les différentes exigences indiquées ci-avant en fonction des **contraintes propres à chaque bâtiment** (forme du bâtiment, taille, compacité, nombre d'étages, emplacement des points de puisages, présence de faux-plafonds, contraintes d'exploitation, ...).

Ainsi, une distribution verticale par colonnes montantes est souvent plus courte qu'une distribution horizontale par étage (voir exemples figure 16 page 21). A l'inverse, dans un bâtiment de seulement deux niveaux tout en longueur, c'est généralement la distribution horizontale la plus moins longue.

Dans les **établissements de santé**, un **bouclage horizontal** par étage et/ou service est recommandé compte tenu des contraintes d'exploitation de ces bâtiments qui sont prédominantes par rapport à d'autres critères. En effet, chaque étage correspond souvent à des services différents qui doivent pouvoir fonctionner de manière indépendante les uns des autres. Avec une distribution en colonnes montantes, une coupure d'eau dans un service pour des travaux de restructuration (relativement fréquents) entraînerait des arrêts également dans les autres services et donc plus de gêne.

Par ailleurs, il est recommandé, pour ces établissements, de prévoir, si possible, une production d'ECS spécifique pour la cuisine et une autre pour le reste du site.

La figure ci-après présente différents types d'architecture du bouclage ainsi que les principaux intérêts et contraintes de chacune.

Une comparaison des longueurs de distribution et de pertes thermiques entre plusieurs architectures pour l'exemple de l'immeuble de référence de 12 logements et un EHPAD est également présentée figures 15 et 16 ci-après.

Figure 15

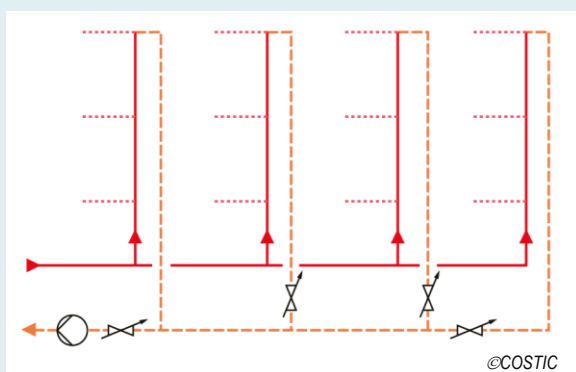
## Différentes solutions existent pour réduire les longueurs des réseaux de bouclage et éviter le multibouclage

Principaux intérêts et contraintes de différentes architectures de bouclage. A titre d'exemple, sont indiqués également les écarts de longueurs de distribution et de pertes thermiques entre les différentes configurations déterminés pour l'immeuble de référence de 12 logements. A noter, toutefois que ces écarts dépendent de la forme du bâtiment (taille, compacité, nombre d'étages) et de l'emplacement des points de puisages comme le montre la figure 16 ci-après.

On constate également que, d'une configuration à l'autre, les différences de longueurs en pourcentages correspondent pratiquement aux écarts de pertes thermiques, les différences de diamètres ayant une influence limitée pour un niveau d'isolation identique des réseaux.

### Bouclage « traditionnel »

#### Distribution verticale par colonnes montantes

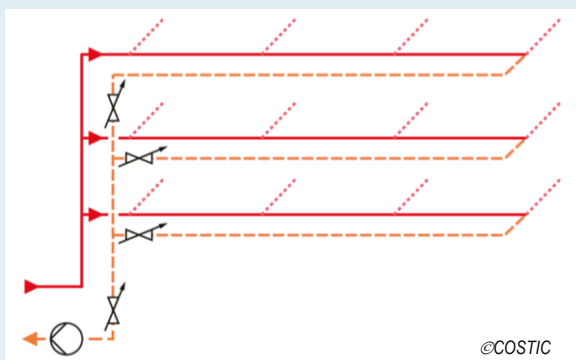


Distribution verticale très utilisée, notamment en habitat collectif :

- Passage des colonnes en gaines techniques.
- 1 colonne raccordée à 1 ou 2 logements par étage, voire 2 colonnes pour les grands logements.

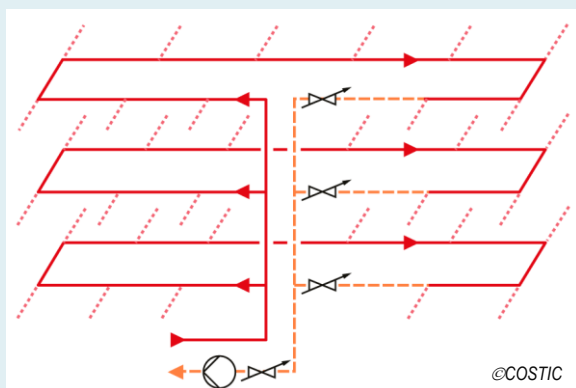
- + Plus courte souvent qu'une distribution horizontale.
- + Offre la possibilité, comme d'autres configurations, d'avoir des **passages distincts des réseaux d'ECS et d'eau froide** permettant de limiter le réchauffage de l'eau froide. Par exemple, en habitat : réseaux collectifs d'ECS en gaines techniques et réseaux d'eau froide en gaines palières.

#### Distribution horizontale



Passage en faux-plafond.

- + Distribution horizontale **recommandée en établissement hospitalier** car elle permet des coupures d'eau par service, pour travaux.
- + Possibilité de raccorder les distributions individuelles d'ECS de part et d'autre de l'alimentation collective pour **limiter le nombre de boucles** (schéma du dessous).
- + Pour un bâtiment tout en longueur, distribution plus courte généralement qu'une distribution par colonnes montantes.
- A l'inverse, pour un bâtiment de plusieurs niveaux, souvent plus longue qu'une distribution par colonnes montantes et donc des pertes thermiques plus élevées (voir exemple figure 16 ci-après).

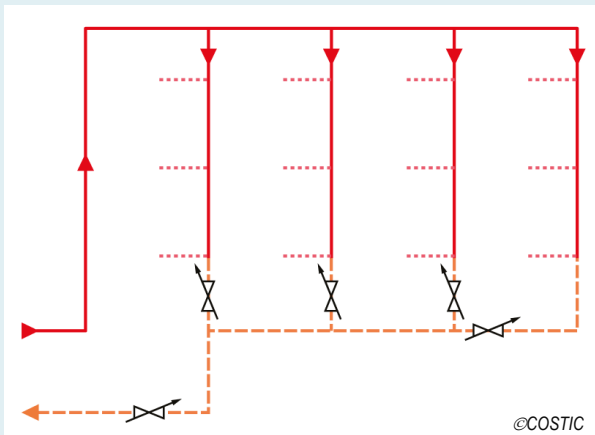


## Distribution « en parapluie »

Distributions en colonnes avec un passage en **faux-plafond** au dernier niveau.

Des distributions qui conduisent à une **réduction des longueurs et des pertes thermiques**.

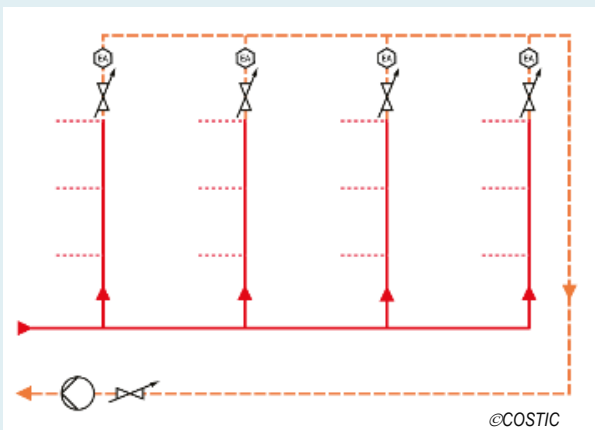
### Collecteur vertical aller commun



+ Circuits de retour plus courts que pour une distribution « traditionnelle » par colonnes montantes, ce qui limite les pertes thermiques (pour l'exemple de 12 logements considéré, les longueurs aller-retour sont réduites de 9% et les pertes de 7%).

- A l'inverse, le collecteur d'alimentation est plus long.

### Collecteur vertical des retours commun

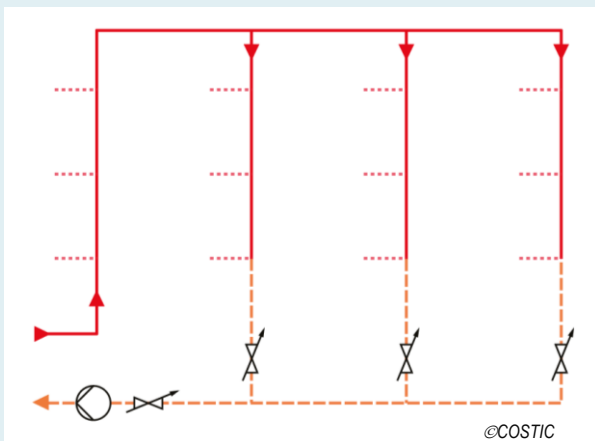


+ Mêmes réductions des longueurs de distribution que la précédente configuration (-9% par rapport à une distribution en colonnes montantes, pour l'exemple de 12 logements). Diminution des pertes légèrement plus élevée (-9%, pour l'exemple).

- Risques de retours inverses dans certaines colonnes, en cas de défaillance des clapets de non-retour contrôlables (EA), qui sont à ajouter.

- Vannes d'équilibrage moins accessibles.

### 1<sup>ère</sup> colonne commune



+ Une des configurations qui conduit aux plus importantes réductions de longueurs (-20% par rapport à une distribution en colonnes montantes, pour l'exemple de 12 logements) et de pertes thermiques (-17% pour l'exemple).

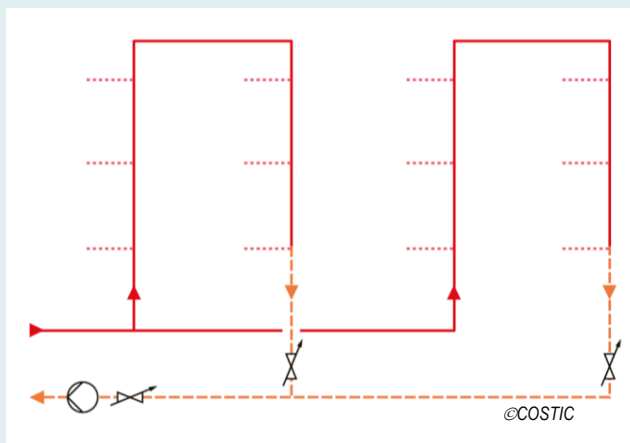
- Diamètre de la 1<sup>ère</sup> colonne plus important.

- Une coupure d'eau sur la 1<sup>ère</sup> colonne conduit à une coupure d'eau de l'ensemble du bâtiment.

## Autres architectures

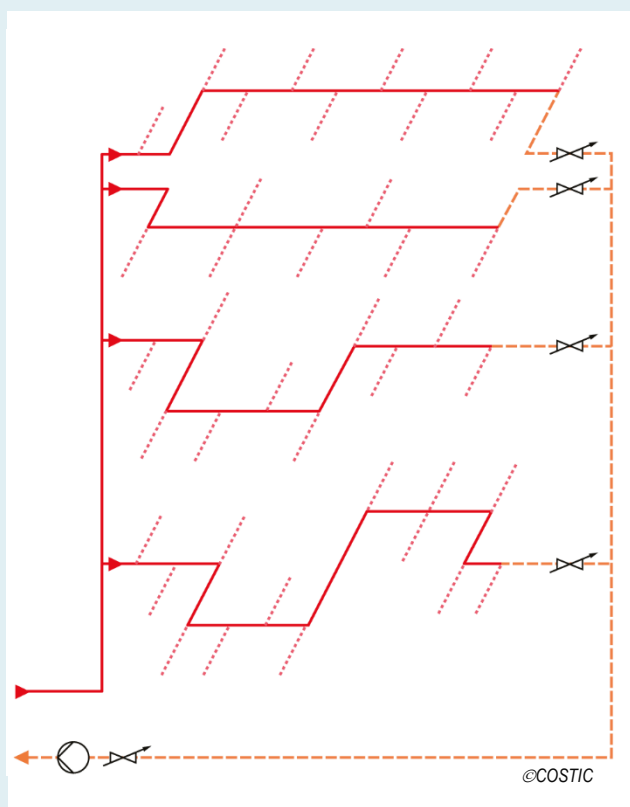
Parmi les configurations qui conduisent aux plus importantes réductions des longueurs et des pertes thermiques

## Distribution verticale avec des colonnes en « U inversé »



- + **Divise par 2 le nombre de boucles** par rapport à une distribution traditionnelle par colonnes montantes.
- + Diminution des longueurs (-18% par rapport à une distribution en colonnes montantes, pour l'exemple de 12 logements) et des pertes thermiques (-16% pour l'exemple).
- + Débit total de bouclage requis plus faible.
- + Moins de vannes d'équilibrage (équilibrage simplifié, moins d'entretien).
- Passage au dernier niveau en faux-plafond.

## Distribution horizontale avec des retours plus courts



Passage en faux-plafond.

- + **Réduction des longueurs** de distribution (-21% par rapport à une distribution en colonnes montantes, pour l'exemple de 12 logements) et des pertes thermiques (-17% pour l'exemple).
- + Des **dévoiements, si nécessaire, qui permettent d'éviter la création de boucles** spécifiques pour desservir les points de puisages un peu éloignés :
  - Maitrise et exploitation du réseau facilitées.
  - Moins de vannes d'équilibrage (équilibrage simplifié, moins d'entretien).
  - Débits de bouclage requis plus faibles.
- + Distribution horizontale adaptée aux établissements hospitaliers qui ont besoin de procéder à des coupures d'eau par service, pour travaux.
- Mise en œuvre moins facile et plus onéreuse.
- Augmentation du nombre de chapeaux de gendarmes (👤) et de coudes, sources de turbulences et donc zones plus sensibles aux corrosions par érosion pour le cuivre.

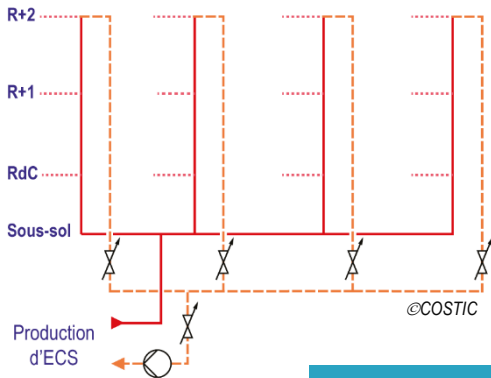


Figure 16

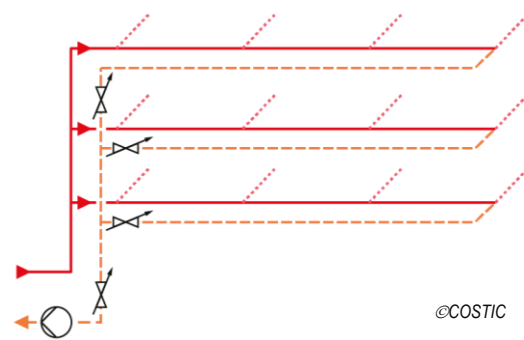
## La différence de pertes thermiques d'une architecture de bouclage à une autre varie selon la forme du bâtiment et l'emplacement des points de puisages.

Ainsi pour deux exemples de bâtiments, l'immeuble de 12 logements (R+2) de référence et un EHPAD (R+3) de 90 lits, une distribution en colonnes montantes conduit à des longueurs et des pertes thermiques calculées environ 5% plus faibles qu'une distribution horizontale dans le 1<sup>er</sup> cas et 30% moins élevées dans le 2<sup>ème</sup> cas. Dans les 2 cas, les boucles sont plus de 2 fois plus courtes pour une distribution en colonnes montantes que pour distribution horizontale mais à l'inverse les longueurs des collecteurs sont plus importantes. Le nombre de boucles est augmenté dans le 1<sup>er</sup> cas et réduit dans le 2<sup>ème</sup> cas.

### 4 colonnes montantes



### 3 boucles horizontales

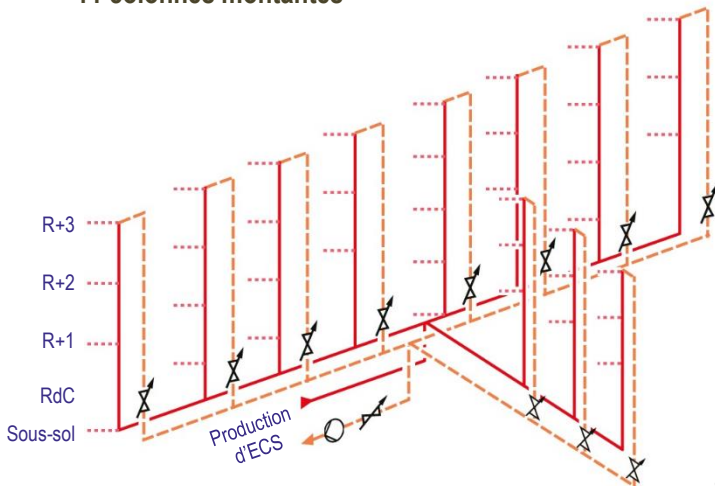


### Immeuble d'habitation de 12 logements

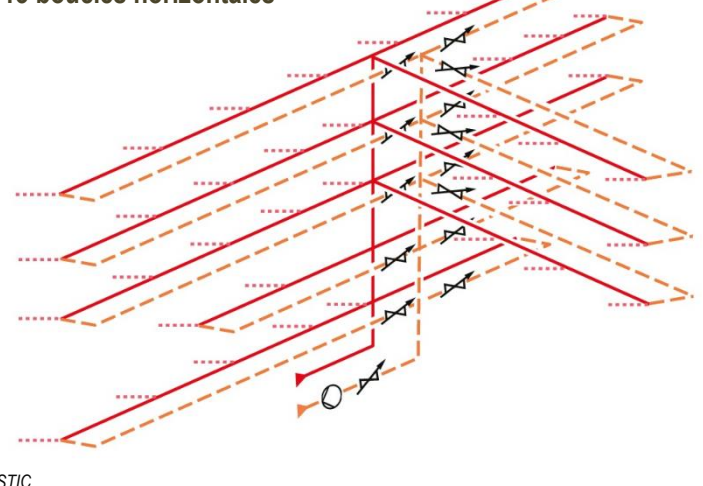
|   | Distribution par colonnes montantes                                    | Distribution horizontale   | Ecart entre les 2 |
|---|--|--|-------------------|
| <b>Longueur de la distribution</b>                                | 128 m  | 131 m  | +3%               |
| <b>Pertes thermiques annuelles pour une isolation de classe 4</b> | 645 kWh par logement, 11 kWh/m <sup>2</sup> *<br>55% des besoins d'ECS | 665 kWh par logement, 11,4 kWh/m <sup>2</sup> *<br>57% des besoins d'ECS | +3%               |

\* par m<sup>2</sup> de surface habitable, pour des besoins d'ECS moyens journaliers de 125 l à 40°C par logement standard.

### 11 colonnes montantes



### 13 boucles horizontales



### EHPAD de 90 lits

|   | Distribution par colonnes montantes                                     | Distribution horizontale   | Ecart entre les 2 |
|---|---|--|-------------------|
| <b>Longueur de la distribution</b>                                | 505 m   | 675 m  | +33%              |
| <b>Pertes thermiques annuelles pour une isolation de classe 4</b> | 370 kWh par chambre, 8,1 kWh/m <sup>2</sup><br>≅ 65% des besoins d'ECS* | 475 kWh par chambre, 10,5 kWh/m <sup>2</sup><br>85% des besoins d'ECS* | ≅ +30%            |

\*Les besoins moyens journaliers d'ECS de cet EHPAD considérés sont de 55 litres à 40°C par chambre (valeur « médiane »).

## 3. LES PERTES THERMIQUES ET LEUR LIMITATION

Les questions traitées dans ce chapitre sont les suivantes :

- Quel est le poids des pertes thermiques de bouclage ? (ci-après)
- Quelles sont les exigences réglementaires sur le niveau d'isolation du bouclage ? (page 23)
- Comment limiter les pertes thermiques du réseau bouclé d'ECS ? (page 24)
- Quelles sont les règles de l'art en matière de calorifugeage des tubes et des singularités et les solutions proposées ? (page 28)
- Comment déterminer les pertes thermiques des canalisations et quels sont les paramètres qui influent sur ces pertes ? (page 33)
- Quelles sont les pertes thermiques des singularités (vannes, ...) ? (page 39)

### 3.1. L'impact des pertes thermiques du bouclage

#### En bref

Le **poids** des pertes thermiques du bouclage dans le bilan énergétique en ECS est **très variable**.

Les pertes peuvent dépasser très largement les besoins d'ECS si le bouclage est insuffisamment calorifugé et/ou les besoins d'ECS du bâtiment faibles. Une **production centralisée** avec un bouclage n'est **pas recommandée** pour des bâtiments ayant de **très faibles besoins d'ECS**.

Le poids des pertes thermiques de bouclage et les rendements de distribution liés à ces pertes dépendent des niveaux d'isolation, des longueurs de distribution, du tracé adopté et des besoins d'ECS du bâtiment.

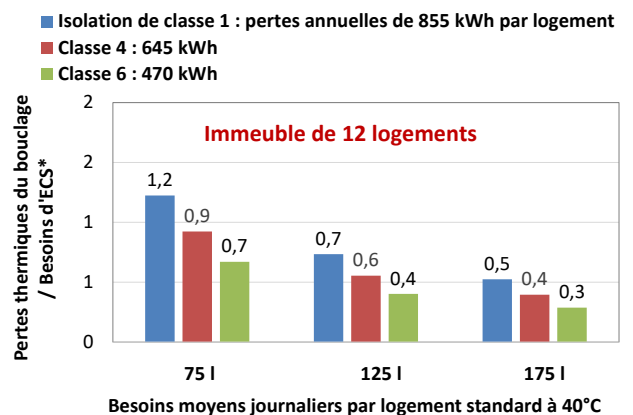
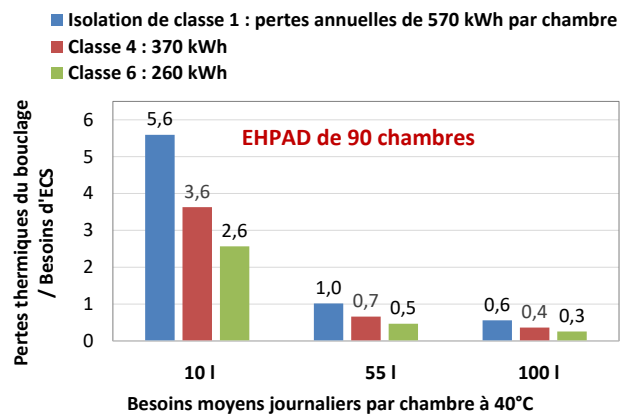
Plus les besoins sont faibles, plus l'impact des pertes thermiques est important, comme le montre l'exemple figure ci-après.

Figure 17

**Les pertes thermiques du bouclage pour un EHPAD peuvent représenter de 6 fois à 1/3 de ses besoins d'ECS selon la valeur de ces derniers et le niveau d'isolation adopté.**

Exemple de valeurs de pertes thermiques annuelles obtenues par calcul pour un EHPAD de 90 lits et l'immeuble de référence de 12 logements avec une distribution en colonnes montantes (voir figure 16 page précédente).

Les besoins moyens journaliers d'ECS des EHPAD peuvent varier de moins de 10 litres à plus de 100 litres à 40°C par chambre, pour les plus consommateurs, selon notamment la présence ou non d'une cuisine préparant les repas sur place, d'une lingerie, le raccordement ou non des appareils de lavage à l'ECS.



©COSTIC

\* D'après le guide ADEME sur les besoins d'ECS en habitat, 2/3 des logements ont des besoins moyens journaliers compris entre 75 et 175 l à 40°C par logement standard, la moyenne étant de 125 l.

La connaissance des besoins d'ECS du bâtiment <sup>4</sup> permet d'orienter le choix entre une production centralisée d'ECS avec un bouclage ou des productions décentralisées. Une production centralisée n'est pas recommandée pour un bâtiment ayant de très faibles besoins d'ECS.

Ainsi pour l'exemple de l'EHPAD ci-avant avec des besoins moyens journaliers de seulement 10 litres par chambre à 40°C, le poids des pertes de bouclage paraît rédhitoire ; de 2,6 à 5,6 fois ses besoins d'ECS.

### 3.2. Les exigences réglementaires sur les classes d'isolation

#### En bref

Sur un plan réglementaire et para-réglementaire, les niveaux d'isolation imposés pour les bouclages d'ECS sont très faibles ; une classe 1 a minima.

Pour la délivrance d'un certificat d'économie d'énergie, a contrario, une isolation minimale de classe 4 en tertiaire et 3 en résidentiel est exigée.

La réglementation sur la performance énergétique des bâtiments existants, RTex. « globale » (arrêté du 13 juin 2008) impose une isolation des canalisations de bouclage a minima de classe 1. Pour le calcul de la consommation de référence, une isolation de classe 2 est considérée.

La réglementation thermique RT 2012 sur les bâtiments neufs (arrêtés du 26 octobre 2010 et du 28 décembre 2012) n'impose aucune exigence minimale concernant l'isolation des bouclages.

Le NF DTU 60.11 P1-2 sur la conception des réseaux bouclés d'ECS exige a minima une isolation de classe 1.

Les certificats d'économies d'énergie sur l'isolation d'un réseau d'ECS (BAR-TH-160 et BAT-TH-146, arrêté du 22 décembre 2014 modifié) visent les travaux de rénovation des bouclages non calorifugés ou dont l'isolation existante est de classe inférieure ou égale à 2. La délivrance de certificats requiert la mise en place, sur ces réseaux existants, d'un isolant a minima :

- de classe 3 en résidentiel,
- de classe 4 en tertiaire.

#### Note

##### La définition des classes d'isolation

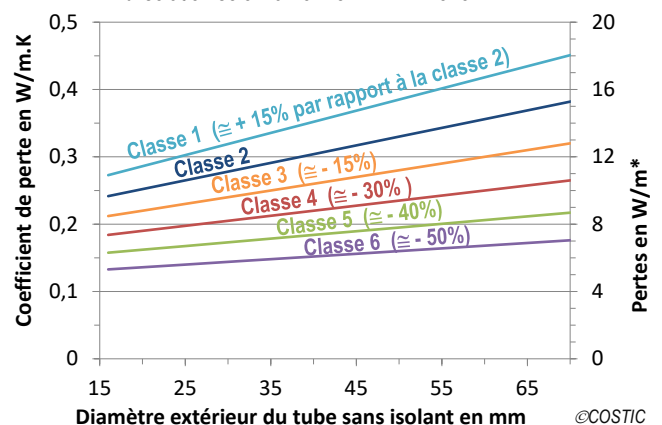
Les classes d'isolation sont définies par la norme NF 12828 en fonction des diamètres des tubes. Elles correspondent à des valeurs maximales de coefficients de pertes thermiques des canalisations en W/m.K. Ainsi, comme indiqué sur le graphe ci-après, une isolation de classe 6 diminue les pertes d'environ 50% par rapport à une classe 2.

En annexe de ce guide, sont données les équations qui permettent de déterminer les coefficients de pertes maximaux correspondants aux 6 classes définies par la norme.

Figure 18

#### Une isolation de classe 4 réduit d'environ un tiers les pertes de la boucle d'ECS par rapport à une classe 2.

Evolution des pertes thermiques en W/m.K et en W/m en fonction du diamètre extérieur du tube et de la classe d'isolation selon la norme NF EN 12828.



\* Pertes en W/m pour de l'eau à 60°C et une ambiance à 20°C.

<sup>4</sup> Deux ouvrages pour mieux connaître les besoins (téléchargeables librement) :

COSTIC, Guide technique : Les besoins d'eau chaude sanitaire en habitat individuel et collectif, ADEME, mai 2016.

COSTIC, Vers une meilleure connaissance des besoins d'eau chaude sanitaire en tertiaire, ADEME, CEGIBAT, COSTIC, septembre 2020.

### 3.3. Les solutions pour limiter les pertes thermiques

#### En bref

De nombreux leviers existent à la fois au stade de la conception, de la réalisation, de la mise en service et de l'exploitation pour limiter les pertes thermiques du bouclage d'ECS :

- **Prohiber le bouclage** dans les bâtiments ayant de **faibles besoins** (habitat individuel, bureaux, ...) ou des points de puisages très éloignés les uns des autres.
- **Éviter** la mise en œuvre d'une **distribution d'ECS enterrée** ou passant à l'extérieur.
- **Limiter le nombre de points** de puisages.
- **Regrouper** les postes de puisages.
- **Ne pas alimenter** avec le réseau bouclé certains postes de soutirages trop éloignés.
- Adopter un **tracé le plus court** possible du réseau bouclé.
- Calorifuger le plus possible les réseaux de bouclage, y compris les singularités, en optant **a minima** pour une **classe 4** d'isolation.
- **Arrêter les installations dans les bâtiments inoccupés** plusieurs semaines, en respectant impérativement, pour la remise en service, les dispositions de la circulaire DGS/EA4 n°2010-448 du 21 décembre 2010 vis-à-vis du risque lié aux légionelles.
- Veiller au **remplacement du calorifuge** dégradé, insuffisant ou manquant.

Limiter les pertes thermiques du bouclage constitue un enjeu aussi bien énergétique, sanitaire, que vis-à-vis du confort.

Réduire les pertes thermiques ne consiste pas seulement à calorifuger le plus possible les canalisations. De nombreux autres leviers existent à la

fois au stade de la conception, de la réalisation, de la mise en service et de l'exploitation.

Les questions traitées dans ce chapitre sont les suivantes :

- Quelles solutions pour limiter les pertes thermiques lors de la conception ? (ci-après)
- Quelles actions pour réduire les pertes lors de la phase de mise en œuvre ? (page 26)
- Quels points de vigilance lors des phases de mise en service et d'exploitation pour limiter les pertes ? (page 27)

#### Quelles solutions pour limiter les pertes thermiques lors de la conception ?

Plusieurs solutions permettent de limiter les pertes thermiques des réseaux d'ECS :

- **Prohiber le bouclage dans les bâtiments ayant de faibles besoins ou des points de puisages très éloignés** les uns des autres, tels que dans les bureaux, qui conduit à des rendements de distribution très mauvais ; des pertes supérieures aux besoins. Opter dans ces bâtiments pour des solutions de production décentralisée, par exemple au niveau de chaque bloc sanitaire en bureaux.



Le bouclage en **habitat individuel** ou pour un appartement est **à prohiber** car très énergivore.

Pour éviter la mise en œuvre d'un bouclage en habitat individuel, il est recommandé de regrouper les points de soutirages, placer la production d'ECS au plus près de ceux-ci ou prévoir des appareils de production complémentaires.

Sur un plan réglementaire, un **arrêt nocturne** du bouclage ou un **abaissement des températures** à moins de 50°C est **interdit, y compris en habitat individuel** (voir chapitre 1 sur la réglementation). Ils conduisent à un risque de développement des légionelles.

- **Eviter la mise en œuvre d'une distribution d'ECS enterrée** ou passant à l'extérieur pour alimenter un autre bâtiment. Ces distributions sont très énergivores compte tenu des longueurs importantes et des températures plus faibles autour des canalisations. Par exemple, pour un lycée disposant d'un internat et d'un restaurant scolaire dans des bâtiments non contigus, il est préférable de mettre en œuvre, aussi bien en neuf que dans le cadre d'une rénovation, une production spécifique au plus près de la cuisine du restaurant et une autre production pour l'internat.
- **Limiter le nombre de points de puisages.** Eviter d'installer des postes susceptibles d'être inutilisés, par exemple des lavabos destinés spécifiquement au personnel soignant dans les chambres en hôpital. Cela contribue à la fois à réduire les risques sanitaires et les consommations d'énergie.
- **Regrouper le plus possible les points de puisages** pour limiter le nombre de boucles. Par exemple, en habitat collectif, regrouper les postes de puisages de la cuisine et des pièces de toilette d'un même logement et d'un étage à l'autre, de manière à avoir un nombre de colonnes plus restreint. Regrouper également, si possible, les points de puisages de deux appartements contigus afin de n'avoir qu'une seule colonne au lieu de deux.
- **Ne pas alimenter avec le réseau bouclé, certains points de puisages** trop éloignés, en mettant en œuvre pour ceux-ci une production décentralisée (voir exemple figure 20 ci-après).
- **Adopter un tracé du réseau bouclé le plus court possible** (voir chapitre 2 sur le choix de l'architecture). Ainsi, pour l'exemple d'un EHPAD (R+3) présenté figure 16 (page 21), l'adoption d'une distribution en colonnes montantes au lieu d'une distribution horizontale, avec les mêmes niveaux d'isolation, entraîne une diminution d'environ 1/3 des longueurs et des pertes. Les pourcentages de réduction des longueurs et des pertes sont pratiquement identiques.

Figure 19

### Regrouper les points de puisages permet de limiter les pertes thermiques.

Exemple de plan d'un logement avec des points de puisages tous regroupés. Les autres logements en dessous et au-dessus de celui-ci sont également identiques.

Une seule colonne peut ainsi desservir l'ensemble de ces points en respectant des longueurs d'antenne maximale de 8 mètres. Une 2<sup>ème</sup> colonne spécifique pour alimenter la cuisine n'est pas nécessaire.

Les longueurs des réseaux et donc les pertes thermiques sont ainsi limitées.

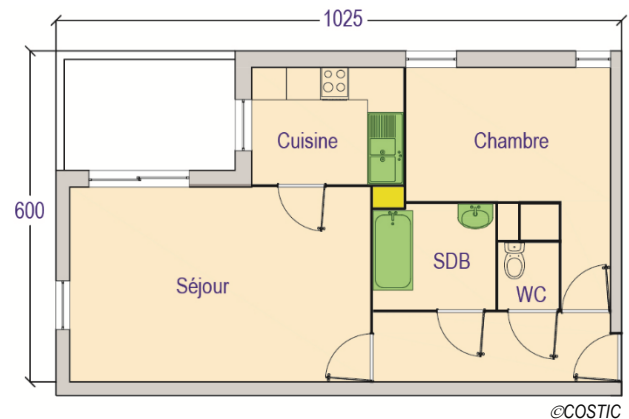


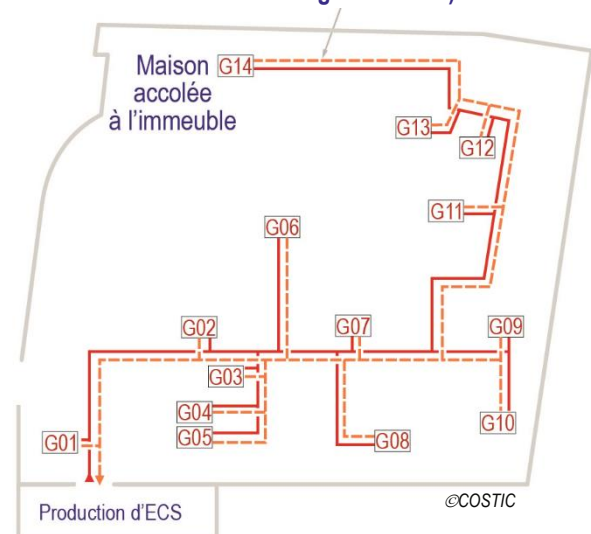
Figure 20

### Prévoir une production d'ECS indépendante pour les points de puisages trop éloignés du bouclage.

Par exemple, sur ce site de 45 logements, l'alimentation de la maison accolée à l'immeuble, très éloignée de la production centralisée d'ECS, comme le montre le plan des réseaux au sous-sol ci-après, conduit à des pertes supplémentaires qui représentent plus de 2 fois les besoins moyens d'ECS de cette maison.

Installer une production d'ECS spécifiquement pour cette maison permet de diminuer de 10% les pertes de bouclage de ce site.

**2 x 18 m (10% des pertes de bouclage de ce site)**





- **Calorifuger le plus possible** les réseaux de bouclage et les circuits primaires d'ECS, y compris les singularités, en optant **a minima pour une classe 4** d'isolation. Pour l'isolation des murs extérieurs, 30 cm d'isolant ne paraît maintenant plus aberrant, il doit en être de même pour le calorifugeage du bouclage. Des niveaux d'isolation élevés doivent être adoptés.

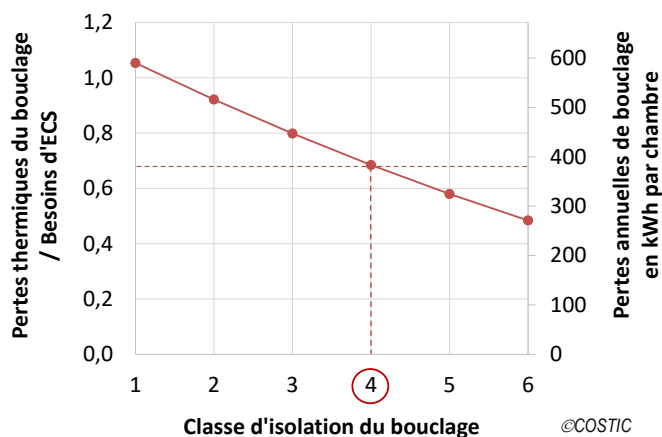
Cela requiert de prévoir en amont des espaces suffisants autour des canalisations d'ECS pour la mise en œuvre d'épaisseurs importantes de calorifuge. Les écartements recommandés entre les tuyauteries et les parois, ainsi qu'entre-elles, isolation finie, sont au minimum de 10 cm (correspondant au passage d'une main).

#### Figure 21 **Calorifuger le plus possible les réseaux d'ECS ; classe 4 a minima.**

Exemple de valeurs de pertes thermiques annuelles déterminées pour un EHPAD de 90 lits (R+3) avec une distribution en colonnes montantes (voir figure 16 page 21) et des besoins moyens d'ECS.

Entre une classe d'isolation 1 et 6, les pertes sont divisées par plus de 2. Elles représentent de 1,1 fois à la moitié des besoins d'ECS selon la classe d'isolation.

Les besoins moyens journaliers d'ECS de cet EHPAD considérés sont de 55 litres à 40°C par jour, une valeur médiane pour ce type d'établissement.



**!** **L'incorporation des boucles d'ECS dans les planchers, peu ou pas calorifugées est à prohiber** (voir figure 12 page 16).

**Limitier le plus possible les diamètres des canalisations.** Pour cela, opter pour des robinetteries de hydro-économies, par exemple pour les lavabos des salles de bains et prendre en compte les débits plus faibles de ces robinetteries dans les calculs de dimensionnement (voir chapitre 4.1.1. La détermination des débits de base).

Pour les canalisations de retour des boucles, choisir des canalisations du plus petit diamètre possible ; 12 mm minimum de diamètre intérieur (sous réserve de confirmation par le calcul, voir chapitre 4.2. Le dimensionnement des circuits de retour de bouclage).

#### **Quelles actions pour réduire les pertes lors de la phase de mise en œuvre ?**

Lors de la mise en œuvre des réseaux d'ECS, il faut veiller à :

- Bien **calorifuger l'ensemble du réseau**, y compris les collecteurs et les canalisations plastiques du réseau de bouclage et des circuits primaires d'ECS, en respectant les exigences du NF DTU 45.2. sur l'isolation thermique.
- Isoler **l'ensemble des accessoires** (vannes, circulateur, échangeur, ...).
- **Eviter les ruptures d'isolation**, notamment au niveau des colliers de fixation et entre deux manchons (voir chapitre 3.4.2. sur l'isolation des singularités).
- **Mettre en œuvre un revêtement** pour éviter la dégradation du calorifuge dans les endroits où les conduites peuvent être soumises à diverses agressions extérieures, à des chocs mécaniques, ...

### Quels points de vigilance lors des phases de mise en service et d'exploitation pour limiter les pertes ?

Il est recommandé d'adopter une température de **consigne de production centralisée d'ECS de 60°C**, (sous réserve que cette consigne permette bien d'obtenir plus 50°C en tout point du bouclage).

Outre des pertes thermiques de stockage et de distribution plus importantes, une température plus élevée engendre :

- Un risque de brûlure accru.
- Plus d'entartrage.

A noter qu'adopter une consigne de production de 55°C, souvent, ne permet pas de satisfaire l'exigence réglementaire d'une température en permanence supérieure ou égale à 55°C en sortie de production, compte tenu du différentiel de régulation. Cela peut également conduire à des températures au sein du bouclage inférieures à la limite réglementaire de 50°C (voir chapitre 1 sur la réglementation).

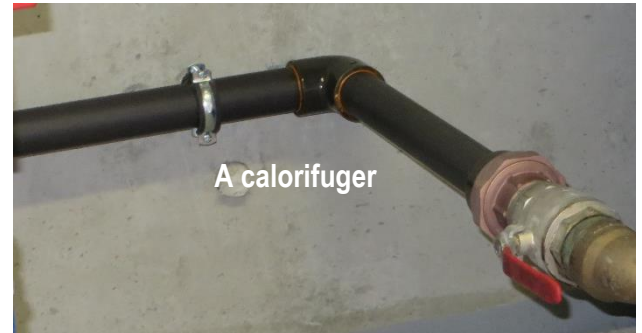
**Dans les bâtiments inoccupés pendant plusieurs semaines** (internats, résidences de vacances, ...), l'arrêt des installations de production et de distribution d'ECS est également une action qui permet de réduire les consommations énergétiques engendrées par les pertes thermiques. Sur un plan sanitaire, notamment vis-à-vis du risque lié aux légionelles, il est impératif d'appliquer pour la remise en service les dispositions décrites dans le guide annexé à la circulaire DGS/EA4 n°2010-448 du 21 décembre 2010 (purge et rinçage complet des installations, vérification du fonctionnement et des températures, analyses, ...).

En phase d'exploitation, il est important également de **veiller au remplacement du calorifuge dégradé** ou retiré, notamment lors de travaux de réparation de fuites. Il est très fréquent de constater sur les installations l'absence de calorifuge après des travaux (voir figure ci-après).

Figure 22

### Ne pas oublier de recalorifuger après des travaux de réparation d'un circuit, y compris les canalisations en plastique.

Photo d'une installation prise plusieurs mois après le changement d'un tronçon à cause de fuites d'eau. La nouvelle canalisation en plastique n'a pas été calorifugée.



©COSTIC

Sur les **installations existantes peu calorifugées**, il est recommandé de procéder à la réfection du calorifuge pour atteindre un niveau d'isolation plus élevé, a minima de classe 4. Cette opération fait l'objet d'un certificat d'économie d'énergie (voir chapitre 3.2).

### 3.4. L'isolation des tubes et des singularités

Ce chapitre aborde les questions liées :

- aux matériaux d'isolation,
- aux singularités qui correspondent trop souvent à des défauts d'isolation (vannes, colliers de fixation, ...page 31).

#### 3.4.1. Les matériaux d'isolation

##### En bref

Outre le coût, différentes caractéristiques sont à prendre en compte pour choisir les produits **isolants** et les **revêtements** :

- La **conductivité** thermique de l'isolant qui influe de manière notable sur les épaisseurs de calorifuge requises pour une classe d'isolation donnée.
- La **réaction au feu**. Des obligations réglementaires existent pour les ERP et les IGH.
- La **résistance** mécanique et aux diverses agressions extérieures (chocs, humidité, rongeurs, ...) en fonction de leur localisation.
- La **température maximale de service**.
- L'**impact environnemental** à travers l'analyse du cycle de vie.

Le **NF DTU 45.2 P1-2** d'avril 2018 définit les matériaux traditionnels d'isolation, de fixation et de revêtement pour les travaux de calorifugeage des circuits, des appareils et accessoires.

#### Quelles sont les obligations réglementaires et para-réglementaires concernant le calorifuge ?

Outre les exigences de classes d'isolation (voir chapitre 3.2), le calorifuge du bouclage fait l'objet d'obligations réglementaires concernant sa **réaction au feu** dans les établissements recevant du public (ERP) et les immeubles de grande hauteur (IGH), comme indiqué dans le tableau ci-après.

Figure 23

#### Dans les ERP et les IGH, des exigences de réaction au feu des matériaux d'isolation du bouclage sont imposées.

Exigences minimales de réaction au feu des matériaux d'isolation du bouclage ECS imposées par les règlements de sécurité contre les risques d'incendie dans les ERP et dans les IGH et euroclasses admissibles correspondantes.

| Localisation des canalisations            |  | Exigences                     |
|---|--|-------------------------------|
| ERP<br>Arrêté du 25 juin 1980<br>modifié  | Dans les locaux et dégagements accessibles au public | M1 ou C <sub>L</sub> -s3, d0* |
|   | Dans les autres parties de l'établissement           | M3 ou D <sub>L</sub> -s3, d0* |
| IGH<br>Arrêté du 30 décembre 2011 modifié |  | M1 ou A2-s2, d0               |

\*Euroclasses des produits linéaires d'isolation de tuyauteries admissibles en fonction des exigences réglementaires de catégories M, selon l'annexe 4 de l'arrêté du 21 novembre 2002 modifié et le relevé des avis de la réunion du 6 décembre 2012 de la commission centrale de sécurité.

A2, produits peu combustibles, B<sub>L</sub>, C<sub>L</sub> et D<sub>L</sub>, produits combustibles dont la contribution à l'embrassement est très limitée.

s, classification supplémentaire relative à la production de fumées (quantité et vitesse de dégagement moyennes pour s2 et élevées pour s3)

d, classification relative à la chute de gouttelettes et débris enflammés (d0, pas de gouttes ou débris enflammés).

En ce qui concerne **les travaux d'isolation thermique** quel que soit le type de bâtiment, ils font l'objet du **NF DTU 45.2** d'avril 2018. Ce NF DTU traite du calorifugeage à la fois des circuits, des appareils et des accessoires :

- La partie 1-1 spécifie les règles de mise en œuvre. Ce NF DTU impose notamment, par rapport aux risques de dégradation de l'isolation, qu'un revêtement assurant une protection mécanique de l'isolant soit mis en œuvre dans les zones où l'isolant peut être détérioré.
- La partie 1-2 définit les critères généraux de choix des matériaux isolants, des produits de fixation et du revêtement. Elle liste les matériaux considérés comme traditionnels et les références normatives correspondantes.
- La partie 2 spécifie les clauses administratives spéciales types pour les marchés de travaux d'exécution d'isolation thermique.

## Sur quels critères choisir les matériaux isolants ?

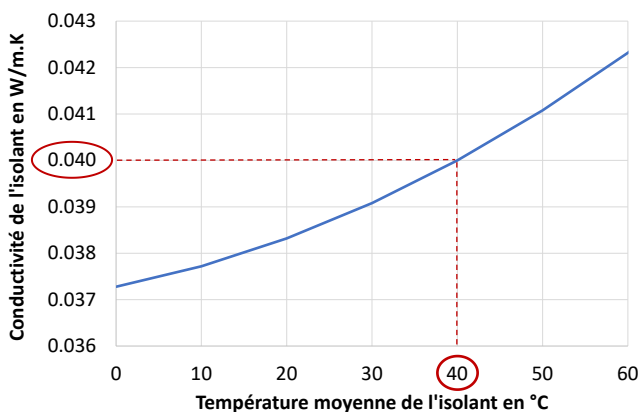
Outre le coût, différentes caractéristiques sont à prendre en compte pour choisir les produits isolants et les revêtements :

- **La conductivité thermique** de l'isolant qui dépend de sa température moyenne (voir figure ci-après). Pour les réseaux bouclés d'ECS, cette température moyenne au sein de l'isolant est d'environ 40°C (voir chapitre 3.5.2.). La conductivité de l'isolant influe de manière notable sur les épaisseurs requises pour satisfaire une classe d'isolation donnée (voir chapitre 3.5.2. Quels sont les paramètres influents ?).

Figure 24

### La conductivité d'un isolant varie en fonction de sa température moyenne.

Exemple d'évolution de la conductivité thermique d'un produit isolant en mousse élastomère flexible en fonction de sa température moyenne. Pour la température moyenne de 40°C au sein de cet isolant à considérer pour les réseaux bouclés d'ECS, sa conductivité est de 0,04 W/m.K contre 0,037 W/m.K environ pour 0°C.



- **L'émissivité** de la surface externe qui influe sur les pertes thermiques. Ainsi, choisir pour le revêtement du calorifuge, de l'aluminium avec une très faible émissivité au lieu de PVC, induit une diminution des pertes généralement entre 5 et 15% (voir exemples chapitre 3.5.2. Quels sont les paramètres influents ?).
- **La résistance mécanique et aux diverses agressions extérieures** (chocs, humidité, rongeurs, ...). Selon leur localisation, les conduites peuvent être soumises à diverses agressions extérieures. Ce sont des paramètres importants

à prendre en compte pour le choix de l'isolant et du revêtement afin de garantir la durabilité du calorifugeage.

Par exemple, les manchons en mousse élastomère flexible ou les coquilles de laine minérale revêtue avec une feuille d'aluminium peuvent convenir pour des canalisations en plénum ou en gaine technique.

En chaufferie où les chocs sont plus à craindre, opter pour un revêtement en matériau de synthèse (PVC), un enduit ou un revêtement en tôle aluminium permet de mieux protéger l'isolant ; la tôle aluminium étant le revêtement optimal au niveau mécanique et émissivité.

A l'extérieur (situation que l'on tachera d'éviter), les revêtements adaptés sont la tôle et les enduits dédiés à cette application.

- **La réaction au feu** du matériau isolant, tout particulièrement, dans le cas d'ERP ou d'IGH. Cette caractéristique est liée à l'isolant mais également à son revêtement. Ainsi, la laine minérale non revêtue présente le meilleur classement de réaction au feu ; A1<sub>L</sub>. Avec un revêtement en aluminium son classement baisse peu (A2<sub>L</sub> - s1, d0) mais à l'inverse la diminution est plus importante avec un revêtement en PVC (C<sub>L</sub> - s3, d0).
- **La température maximale de service** qui conditionne la durabilité du produit, notamment de sa résistance thermique.
- **L'impact environnemental** à travers l'analyse de cycle de vie du produit (consommation d'énergie pour le transport, recyclage possible, ...).
- **La compatibilité avec les matériaux de la distribution.** La norme NF EN 806-2 exige, pour éviter la corrosion externe des tubes en cuivre que l'isolant soit exempt de nitrite et que sa teneur en ammoniacque ne dépasse pas 0,2% de sa masse. Pour les canalisations en acier inoxydable, la concentration du matériau isolant en ions chlorures solubles dans l'eau ne doit pas dépasser 0,05% de sa masse.

Dans le tableau ci-après sont récapitulées les principales caractéristiques de la mousse élastomère flexible et de la laine minérale, les matériaux isolants couramment utilisés pour le calorifugeage des canalisations des réseaux de bouclage d'ECS.

**La mousse élastomère flexible (FEF)** est un isolant souvent rencontré en gaine technique, compte tenu notamment de sa facilité de mise en œuvre et de son coût pour des petits diamètres.

**La laine minérale (MW)** la plus utilisée pour le calorifugeage des tubes, notamment en chaufferie, est la laine de roche plus dense et moins compressible que la laine de verre.

Les coquilles de laine minérale avec une orientation concentrique des fibres sont celles qui possèdent les plus faibles conductivités thermiques.

La laine minérale revêtue d'aluminium (feuille ou tôle plus résistante mécaniquement) présente un très bon classement de réaction au feu (A2L-s1, d0) et une faible émissivité.

La laine minérale est également souvent utilisée pour l'isolation des accessoires, sous la forme de matelas souples (voir chapitre ci-après).

D'autres isolants tels que le **polystyrène extrudé** (XPS, NF EN 14307) et la **mousse de polyisocyanurate** (PIR, NF EN 14308), qui présentent une résistance à la compression importante, sont également utilisés pour les boîtiers isolants rigides des singularités ou les colliers isolants. A une température moyenne de 40°C, la conductivité thermique de ces matériaux et des laines minérales est proche. Elle est, généralement, de l'ordre de :

- 0,037 W/m.K pour le polystyrène extrudé.
- 0,034 W/m.K pour le polyisocyanurate.
- 0,034 à 0,039 W/m.K pour les laines minérales.

**Le silicate de calcium** qui présente une moins bonne conductivité mais une très grande résistance à la compression est également employé pour les colliers isolants.

Figure 25

### Les matériaux couramment utilisés pour le calorifugeage des tubes d'ECS sont les mousses élastomères flexibles et les laines minérales.

Principales caractéristiques des mousses élastomères flexibles et des laines minérales couramment mises en œuvre pour le calorifugeage des tuyauteries d'ECS. A titre d'exemple, sont également indiquées les épaisseurs requises pour une isolation de classe 4 d'un tube cuivre de diamètre 26/28 mm.

La réaction au feu de ces isolants permet de satisfaire les exigences réglementaires de sécurité contre les risques d'incendie en ERP.

| Matériaux isolant et normes correspondantes   | Caractéristiques des produits isolants pour les réseaux d'ECS*   | Épaisseurs d'isolant requises pour une classe 4 et un tube de 26/28**  |
|---|--|--|
| <p><b>Mousse élastomère flexible (FEF)</b></p>  <p>NF EN 14304</p>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Machons souples.</li> <li>– Conductivité à 40°C : 0,037 à 0,040 W/m.K.</li> <li>– Facilité de pose.</li> <li>– Coût qui augmente fortement lorsque les épaisseurs croissent.</li> <li>– Produits combustibles dont la contribution à l'embranchement est très limitée (BL) avec un dégagement de fumées moyen ou élevé (s2 ou s3) et pas de gouttes ou débris enflammés (d0) en cas d'incendie.</li> <li>– Température maximale de service : 85 à 110°C.</li> </ul> | <p>29 mm</p> <p>Pour <math>\lambda = 0,039</math> W/m.K</p> <p>Emissivité de 0,94</p>  |
| <p><b>Laine minérale (MW)</b></p>  <p>NF EN 14303</p> <p>(Photos doc. Ouest-Isol)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Coquilles rigides.</li> <li>– Conductivité à 40°C : 0,034 à 0,039 W/m.K.</li> <li>– Très bon classement de réaction au feu avec un revêtement aluminium (A2L-s1, d0). Moins bon Classement avec un revêtement PVC (CL-s3, d0).</li> <li>– Température maximale de service : 250 à 600°C.</li> </ul>   | <p>25 mm</p> <p>Pour <math>\lambda = 0,039</math> W/m.K</p> <p>21 mm</p> <p>Pour <math>\lambda = 0,035</math> W/m.K</p> <p>Et revêtement aluminium</p> <p>Emissivité de 0,18</p> |

\* Conductivités pour une température moyenne au sein de l'isolant de 40°C et classements de réaction au feu généralement rencontrés pour les produits isolants proposés pour les réseaux d'ECS

\*\* Résultats obtenus pour une canalisation verticale en cuivre de diamètre intérieur/extérieur 26/28 mm avec une émissivité du revêtement aluminium de 0,18 et de 0,94 pour la mousse élastomère flexible.



### 3.4.2. Les singularités

#### En bref

La **continuité de l'isolation** thermique des réseaux d'ECS doit être assurée, y compris au niveau des singularités, trop souvent non prises en compte : **vannes, colliers de fixation**, ...

Les travaux d'isolation relatifs à ces singularités font l'objet de règles de l'art décrites dans le **NF DTU 45.2 P1-2** d'avril 2018.

Pour les bâtiments d'habitation collectifs et tertiaires existants, le calorifugeage des points singuliers localisés en chaufferie ou en sous-station, par des housses isolantes en laine minérale, fait l'objet de **certificats d'économie d'énergie** (BAR-TH-161 et BAT-TH-155).

Les singularités à calorifuger sur un réseau d'ECS sont nombreuses et diverses : coudes, tés, vannes (vannes papillon, vannes d'équilibrage, ...), jeux de brides, clapets, compensateurs de dilatation, dispositifs de dégazage, circulateurs, ... La continuité de l'isolation doit être assurée, y compris au niveau des colliers de fixation des canalisations et des traversées de parois.

Les questions traitées dans ce chapitre sont les suivantes :

- Quelles sont les règles de l'art en matière d'isolation concernant les singularités ? (ci-après)
- Quels sont les défauts récurrents ? (page 32)
- Quelles solutions pour le calorifugeage des singularités ? (page 32)
- Quelles sont les obligations imposées dans les certificats d'économie d'énergie sur l'isolation des points singuliers ? (page 33)

#### Quelles sont les règles de l'art en matière d'isolation concernant les singularités ?

Les travaux d'isolation thermique à la fois des circuits, des appareils et des accessoires font l'objet du **NF DTU 45.2** d'avril 2018.

**Pour les coudes**, le NF DTU 45.2 P1-1 spécifie qu'ils doivent être isolés par des :

- Coquilles, manchons, douelles curvilignes ou trapézoïdales.
- Pièces préformées, moulées ou façonnées dans l'isolant.

**Pour les accessoires** en ECS (vannes, ...), ce NF DTU indique que l'isolation est réalisée au moyen de :

- Boîtiers métalliques rigides isolés.
- Boîtiers isolants pré-moulés ou façonnés.
- Matelas isolants souples préfabriqués.

Les boîtiers souples et les matelas isolants peuvent être maintenus :

- Par bande autoagrippante.
- Par tourniquets de bâche quart de tour.
- Ou par sangles et boucles.
- Ou encore pour les matelas par crochets et fils de laçage.

L'épaisseur de l'isolation de ces accessoires doit être au moins égale à celle de l'isolation fixe adjacente, pour un isolant de même nature.

Le NF DTU 60.1 P1-1-1 exige par ailleurs que tous les organes de manœuvre des installations soient facilement accessibles pour leur manipulation et leur éventuel remplacement.

En ce qui concerne les **autres singularités** (colliers de fixation, ...), le NF DTU 45.2 P1-1 impose une continuité de l'isolation :

- La tuyauterie doit être séparée du support par une entretoise isolante.
- Les isolants par coquille doivent être posés jointifs et les manchons assemblés bout à bout.
- Le système isolant de la tuyauterie doit être continu dans les traversées de parois.

**Vis-à-vis de la maintenance**, l'annexe informative du NF DTU 45.2 P1-1 recommande que le propriétaire de l'installation veille à contrôler régulièrement la qualité du système d'isolation et s'assure que la fréquence de ces contrôles est la plus adaptée possible à la situation.

## Quels sont les défauts récurrents ?

Comme l'illustre les figures ci-après, les défauts les plus fréquemment observés par rapport aux singularités sont l'absence de calorifuge des accessoires et la discontinuité d'isolation notamment au niveau des colliers de fixation des canalisations qui constituent des ponts thermiques.

Figure 26

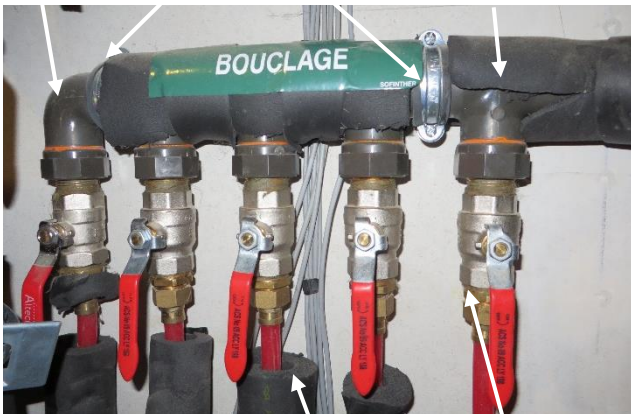
### Les singularités (équipements, vannes, colliers,...) correspondent trop souvent à des défauts d'isolation.

Exemples observés sur des installations existantes lors d'audits réalisés par le COSTIC.

Coude à calorifuger

Entretoise isolante pour les colliers à ajouter ou a minima colliers à « noyer » dans l'isolant

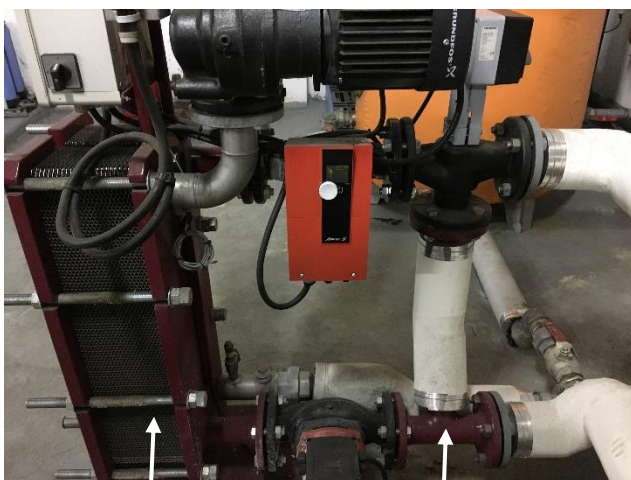
Epaisseur suffisante de calorifuge à poser et continuité de l'isolation à assurer



Diamètre du calorifuge à choisir en fonction du diamètre du tube

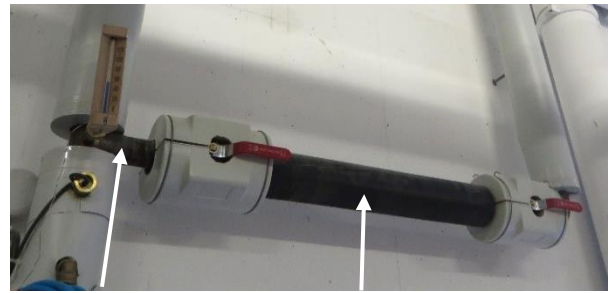
Vannes à calorifuger

©COSTIC



Équipements, coudes, tés et vannes à calorifuger

©COSTIC



Té avec mesure de température à calorifuger

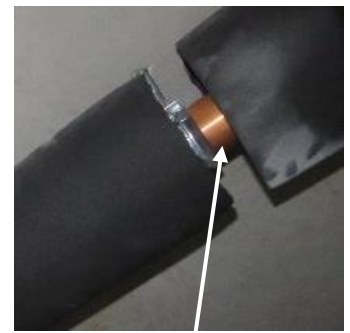
Manchette à calorifuger

©COSTIC



Coude à calorifuger et épaisseur plus importante de calorifuge à mettre en oeuvre

©COSTIC



Continuité de l'isolation à assurer par une entretoise isolante pour collier ou a minima collier à « noyer » dans l'isolant

©COSTIC

## Quelles solutions pour le calorifugeage des singularités ?

**Pour l'isolation des singularités** (vannes, jeux de brides, clapets, ...), les produits actuellement les plus couramment utilisés sont les housses isolantes démontables (matelas souples) en laine minérale (voir exemples figure ci-après). La mise en œuvre de ces housses sur les installations existantes en chaufferie fait l'objet d'un certificat d'économie d'énergie (voir ci-après).

Par rapport aux boîtiers isolants rigides pré-moulés, ces housses sont généralement :

- D'un niveau d'isolation plus élevé.
- Adaptables à des produits différents (une même housse, par exemple, pour différents modèles de vannes taraudées, ...).
- Moins fragiles lors de la manipulation.

Pour les colliers de fixation des canalisations, il existe des colliers avec entretoise isolante (en polyisocyanurate, silicate de calcium, ...) afin d'éviter les ponts thermiques (voir exemple figure ci-après). A minima, les colliers doivent être « noyés » dans l'isolant afin d'éviter une discontinuité de l'isolation.

Figure 27

### La continuité de l'isolation est à assurer, y compris au niveau des singularités.

Exemples de housses et de collier isolants. Ces housses isolantes démontables de 60 mm d'épaisseur de laine minérale répondent aux exigences des certificats d'économie d'énergie sur l'isolation des points singuliers.



Housses démontables en laine minérale pour vannes



Housse en laine minérale pour jeux de brides



Collier isolant en mousse de polyisocyanurate et élastomère

(Photos. doc. Ouest Isol)

### Quelles sont les obligations imposées dans les certificats d'économie d'énergie sur l'isolation des points singuliers ?

Les certificats d'économies d'énergie sur l'isolation des points singuliers (BAR-TH-161 en habitat collectif et BAT-TH-155 en tertiaire, arrêté du 22 décembre 2014 modifié) visent les **chaufferies ou sous-stations existantes**. Dans ces locaux, sur les circuits collectifs d'ECS, les points singuliers éligibles sont : les vannes, les clapets, les séparateurs d'air et les purgeurs, les manchettes, les circulateurs, les jeux de brides et les échangeurs à plaques.

Ces singularités doivent être isolées par une **housse souple en laine minérale, démontable** et équipée

d'un système de fermeture (sangles, bandes auto agrippantes, crochets, ...). La résistance thermique déclarée de cette housse (épaisseur/conductivité) doit être supérieure à 1,5 m<sup>2</sup>.K/W à une température moyenne de 50°C.

## 3.5. La détermination des pertes thermiques des canalisations

### 3.5.1. Abaques

La perte thermique d'une canalisation en  $W$  est proportionnelle à son coefficient de pertes  $k$  en  $W/m.K$ , à sa longueur ainsi qu'à l'écart entre la température d'eau et la température ambiante autour de la tuyauterie.

$$P = k \cdot l \cdot (\theta_e - \theta_a)$$

$P$  : Pertes thermiques d'une canalisation en  $W$ .

$k$  : Coefficient de pertes thermiques du tube calorifugé en  $W/m.K$ .

$l$  : Longueur de la canalisation en  $m$ .

$\theta_e$  : Température d'eau en °C.

$\theta_a$  : Température ambiante autour de la canalisation en °C, valeur moyenne sur l'année pour le calcul des consommations annuelles et valeur minimale pour le dimensionnement du retour de bouclage.

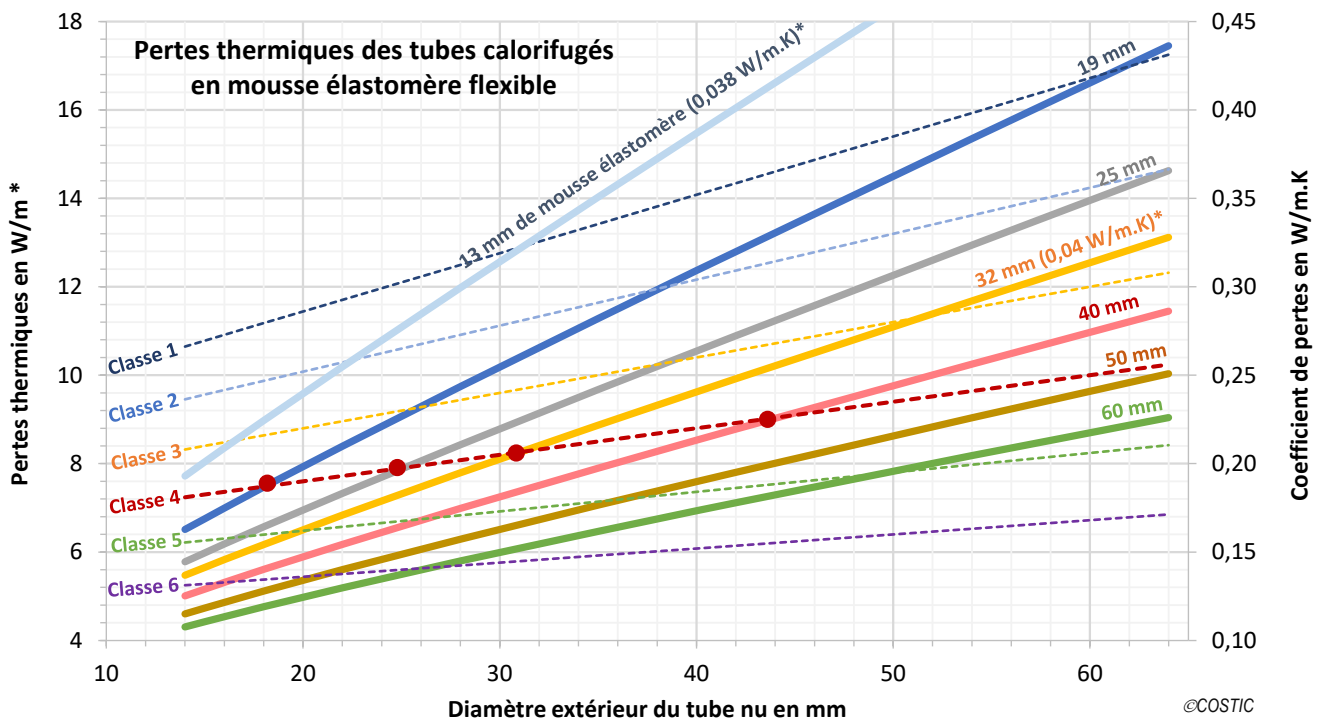
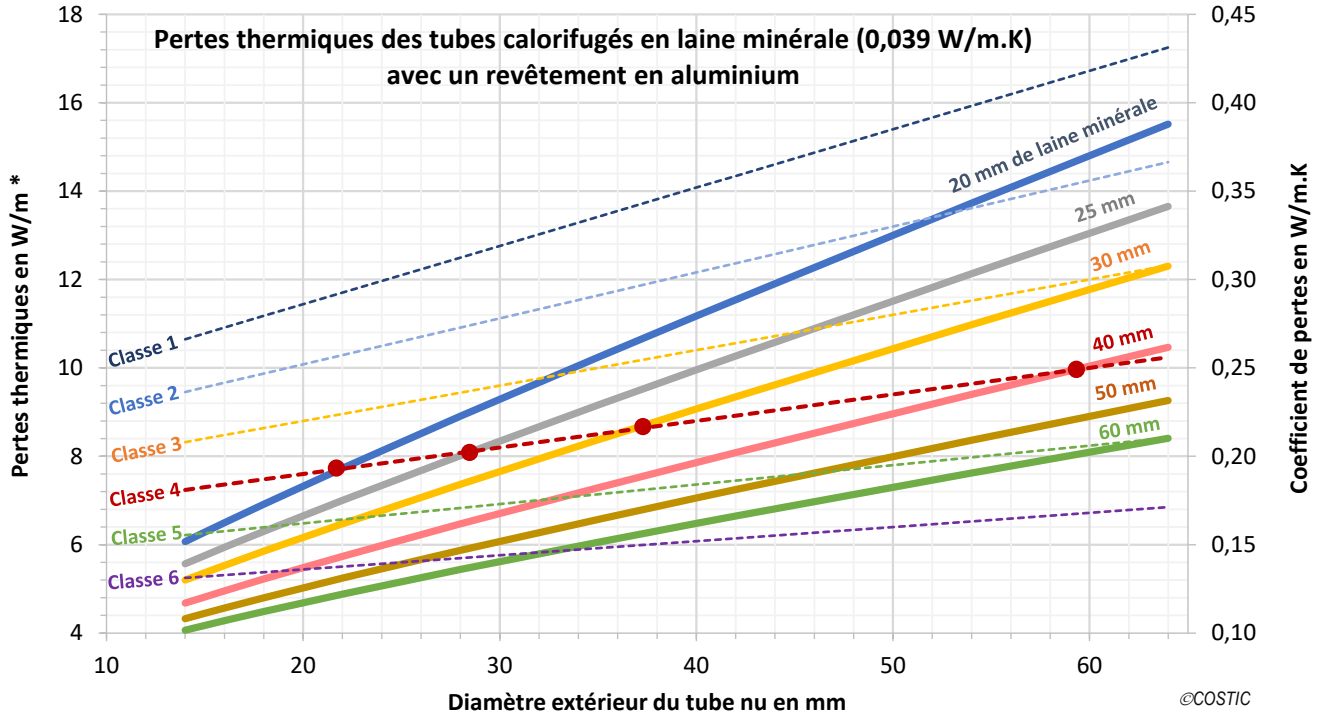
Les coefficients de pertes thermiques  $k$  peuvent être déterminés à partir des formules de calcul de la norme NF EN ISO 12241 indiquées en annexe 1 de ce guide ou bien directement à partir des tableaux de cette même annexe. Ces tableaux donnent les valeurs des coefficients  $k$  pour différents matériaux de tubes, d'isolants et de revêtements, en fonction des diamètres des canalisations et des épaisseurs de calorifuge adoptées. Ils permettent également de déterminer directement l'épaisseur de calorifuge requise en fonction de la classe d'isolation choisie.

La figure ci-après présente également des exemples de valeurs de pertes et de coefficients  $k$  obtenues pour deux produits isolants différents.

Figure 28

**Pour une isolation de classe 4, les pertes thermiques varient de 7 à 10 W/m pour des tubes de 14 à 64 mm de diamètres extérieurs.**

Exemple de valeurs de coefficients de pertes en W/m.K et de pertes thermiques en W/m.K pour des canalisations d'ECS avec deux calorifuges différents et exigences de pertes maximales pour les classe d'isolation 1 à 6. Pour satisfaire une classe 4, des épaisseurs de 20 à 40 mm de laine minérale revêtue d'aluminium et de 19 à 50 mm de mousse élastomère flexible sont requises pour des diamètres extérieurs de tubes allant de 14 à 60 mm.



\* Pertes thermiques déterminées pour une canalisation en cuivre verticale dans une ambiance à 20°C avec de l'eau à 60°C. Ces pertes ont été calculées, à partir des formules de la norme NF EN ISO 12241 (voir annexe 1), pour une laine minérale d'une conductivité de 0,039 W/m.K et pour une mousse élastomère flexible d'une conductivité de 0,038 W/m.K\* jusqu'à 25 mm d'épaisseur et de 0,040 W/m.K au-delà. L'émissivité est supposée de 0,18 pour le revêtement en aluminium de la laine minérale et de 0,94 pour la mousse élastomère.



### 3.5.2. Quels sont les paramètres influents ?

#### En bref

L'écart sur les pertes thermiques entre une canalisation calorifugée ou non est très important. Même si le tube est en **matériau plastique** moins conducteur, ses pertes s'il est **non calorifugé** peuvent être **jusqu'à plus de 7 fois plus élevées** que s'il est isolé en **classe 4**.

Les **pertes** thermiques d'une canalisation calorifugée sont **proportionnelles** à sa **longueur** et pratiquement proportionnelle au **diamètre extérieur du tube** ainsi qu'à la **conductivité de l'isolant**. Ainsi opter pour des isolants de plus faible conductivité permet de réduire de manière importante les épaisseurs requises pour satisfaire une classe d'isolation donnée, et ce d'autant plus que la classe d'isolation est élevée.

Les pertes **décroissent exponentiellement en fonction de l'épaisseur** de calorifuge (pour un isolant donné). Ainsi pour atteindre une classe 6 d'isolation, l'épaisseur de calorifuge supplémentaire à ajouter par rapport à une classe 4 est plus importante que d'une classe 2 à 4, et ce d'autant plus que la conductivité de l'isolant est grande.

Entre une **température ambiante** de **20°C** et de **10°C**, l'écart sur les pertes thermiques est de **20%**.

La **nature du matériau** de la tuyauterie et l'**émissivité** de la surface externe en contact avec l'air ont une **faible influence** sur les pertes thermiques d'un tube calorifugé. L'écart sur les pertes obtenu est de l'ordre de :

- **5 à 10%** entre un tube **PVC-C** et **cuivre** calorifugé de même diamètre extérieur.
- **5 à 15%** entre un revêtement externe en **aluminium** d'une émissivité de 0,13 et en **PVC** d'une émissivité de 0,94.

La position **horizontale ou verticale** du tube a très peu d'impact (moins de 2% d'écart sur les pertes d'un tube calorifugé).

Les questions traitées dans ce chapitre sont les suivantes :

- Quel écart sur les pertes thermiques entre une canalisation métallique et plastique ? (ci-après)
- La conductivité du calorifuge impacte elle de manière importante ? (page 36)
- Les pertes thermiques sont-elles proportionnelles à l'épaisseur d'isolant ? (page 37)
- Quel est l'impact de l'émissivité ? (page 37)
- Quel écart sur les pertes entre une canalisation horizontale et verticale ? (page 39)

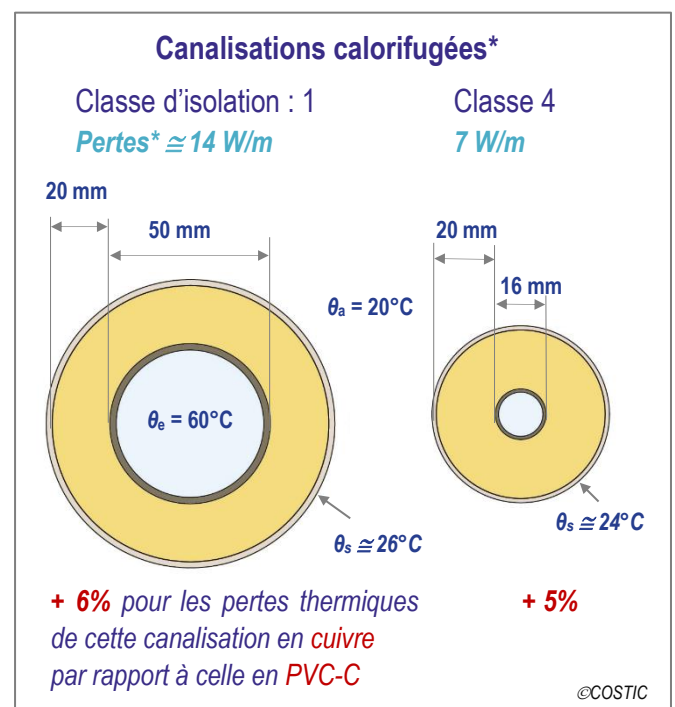
#### Quel écart sur les pertes thermiques entre une canalisation métallique et plastique ?

Comme le montre la figure ci-après, entre une canalisation en cuivre et en PVC-C, de même diamètre extérieur, calorifugée, l'**écart** sur les pertes thermiques est **faible**, et ce d'autant plus si l'isolation est importante.

Figure 29

#### La nature du matériau de la canalisation influe peu sur les pertes thermiques sauf si elle n'est pas calorifugée.

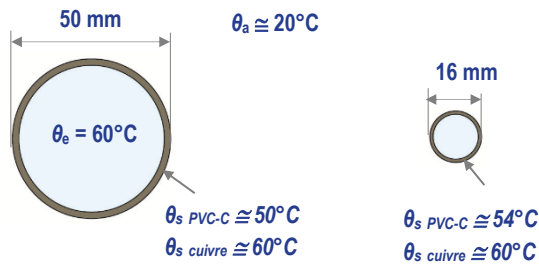
Exemple d'écarts sur les pertes obtenus entre des canalisations en cuivre et en PVC-C, de 16 et 50 mm de diamètre extérieur, avec une isolation de classe 1 ou 4 ou non calorifugées.





### Canalisations non calorifugées\*

Pertes : PVC-C = 61 W/m      26 W/m  
 Cuivre = 85 W/m              32 W/m



+ 40% pour les pertes thermiques de cette canalisation en cuivre par rapport à celle en PVC-C

+ 25 %

©COSTIC

\* Résultats obtenus à partir des formules de la norme NF EN ISO 12241 (voir annexe 1) pour : une ambiance à 20°C et une eau à 60°C, une canalisation verticale, une épaisseur de 1 mm pour le tube cuivre et de 1,8 mm pour le tube PVC-C de 16 mm de diamètre extérieur et de 3,7 mm pour le tube PVC-C de 50 mm, un isolant avec une conductivité de 0,040 W/m.K et une émissivité de 0,94, une canalisation en cuivre non calorifugée peinte.

A contrario, si les canalisations ne sont pas calorifugées, l'écart sur les pertes thermiques entre une canalisation PVC-C et cuivre est notable, comme le montre l'exemple ci-avant. Cet écart varie en fonction du diamètre du tube.

**!** Même si une canalisation de bouclage est en matériau plastique, il est très important de la calorifuger.

Une canalisation PVC-C non calorifugée présente des pertes :

- 3 à 4 fois plus importantes qu'une canalisation calorifugée en classe 1,
- 4 à 7 fois plus par rapport à la classe 4.

Pour une canalisation en cuivre, l'écart est encore plus grand :

- 3 à 6 fois plus pour un tube cuivre peint non calorifugé par rapport à une isolation de classe 1,
- 4 à 10 fois plus qu'en classe 4.

L'écart est d'autant plus élevé que le diamètre est grand.

### La conductivité du calorifuge impacte elle de manière importante ?

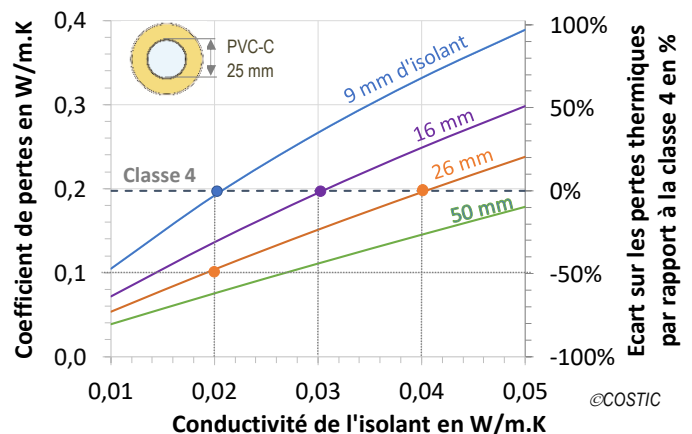
Oui, la conductivité de l'isolant des canalisations influence de manière importante sur les pertes thermiques. Les pertes des canalisations calorifugées sont **presque proportionnelles** à la conductivité de l'isolant.

Ainsi, comme l'illustre la figure ci-après, pour un tube PVC-C de 25 mm de diamètre extérieur avec une épaisseur d'isolant de 26 mm, son coefficient de pertes thermiques diminue de 0,2 à 0,11 W/m.K lorsque la conductivité de l'isolant passe de 0,04 à 0,02 W/m.K.

Opter pour un isolant avec une plus faible conductivité permet, par ailleurs, de diminuer de manière importante les épaisseurs nécessaires pour satisfaire une classe d'isolation donnée. Ainsi avoir un isolant avec une conductivité 2 fois plus faible conduit, en général, à diviser par 2 à 4 l'épaisseur requise. Cette diminution d'épaisseur est d'autant plus importante que le diamètre de la canalisation est faible.

**Figure 30** Adopter un isolant de plus faible conductivité permet de réduire de manière importante l'épaisseur de calorifuge requise pour une classe d'isolation donnée.

Pour un tube PVC-C de 25 mm de diamètre extérieur, l'épaisseur d'isolant nécessaire pour une isolation de classe 4, avec une conductivité de 0,03 au lieu de 0,04 W/m.K, est de 16 mm au lieu de 26 mm, soit une diminution d'environ 40%.



\* Résultats obtenus à partir des formules de la norme NF EN ISO 12241 (voir annexe 1) pour une canalisation verticale avec une émissivité de l'isolant ou de son revêtement externe de 0,94.

## Les pertes thermiques sont-elles proportionnelles à l'épaisseur d'isolant ?

Non, les pertes thermiques diminuent de manière exponentielle en fonction de l'épaisseur de calorifuge, comme le montre la figure ci-après.

Au-delà d'une isolation de classe 4, l'augmentation de l'épaisseur d'isolant conduit à une relativement faible diminution du coefficient de pertes.

Cela signifie que pour atteindre une classe 6 d'isolation, l'épaisseur de calorifuge supplémentaire à ajouter par rapport à une classe 5 est plus importante que d'une classe 1 à 2, pour un isolant donné.

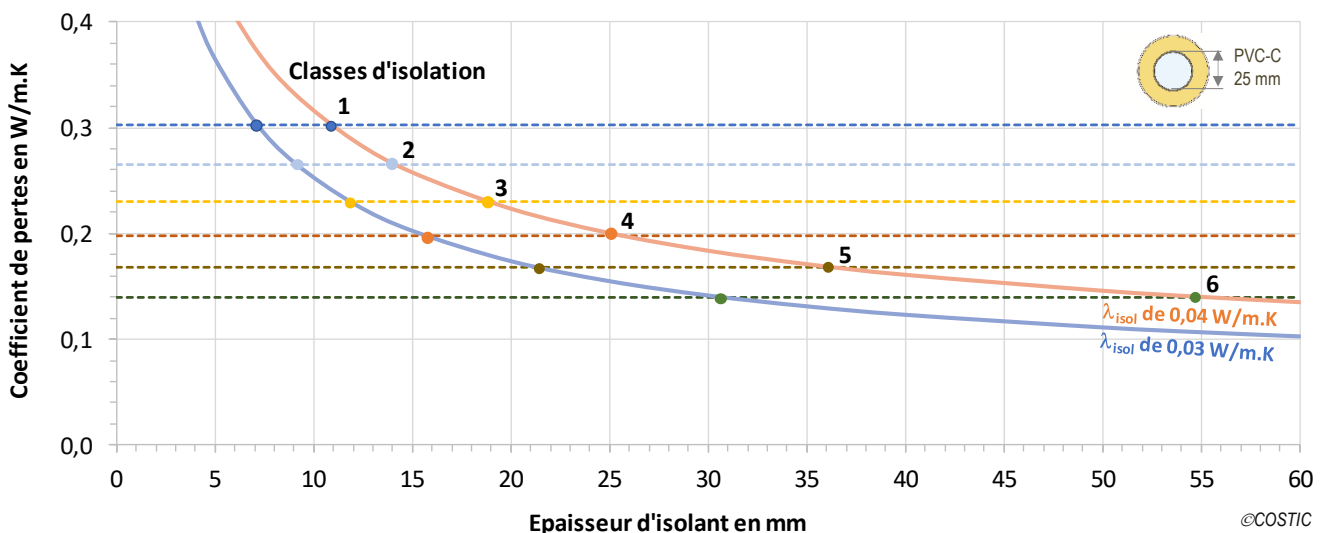
Autre conséquence également, l'impact de paramètres tels que l'émissivité de l'isolant ou encore la variation de la conductivité des matériaux sur la détermination de l'épaisseur correspondant à une classe 6 est plus importante que pour une classe 1.

Par exemple, considérer une conductivité pour la mousse élastomère de 0,04 au lieu de 0,042 W/m.K. conduit à une épaisseur pour la classe 6 de 55 mm au lieu de 61 mm et pour la classe 1 de 11 mm au lieu de 12 mm, pour un tube PVC-C de 25 mm de diamètre extérieur.

Figure 31

### Plus les classes d'isolation sont élevées, plus l'écart d'épaisseurs de calorifuge entre 2 classes est important et ce d'autant plus que la conductivité de l'isolant est grande.

Pour un tube PVC-C de 25 mm de diamètre extérieur avec un calorifuge d'une conductivité de 0,03 W/m.K, l'écart d'épaisseur d'isolant requise entre une classe 1 et 2 est de 2 mm et entre une classe 5 et 6 de 9 mm. Pour un isolant d'une conductivité de 0,04 W/m.K, l'écart est de 3 mm entre une classe 1 et 2 et de 18 mm entre une classe 5 et 6.



\* Résultats obtenus à partir des formules de la norme NF EN ISO 12241 (voir annexe 1) pour une canalisation verticale avec une émissivité de l'isolant ou de son revêtement externe de 0,94

## Quel est l'impact de l'émissivité ?

L'émissivité de la surface externe (celle du calorifuge ou du revêtement sur l'isolant ou bien encore du tube si celui-ci n'est pas calorifugé) influe sur les échanges de chaleur par rayonnement.

Dans le cas d'une canalisation calorifugée, comme le montre les deux figures ci-après, la réduction des échanges par rayonnement liée à une plus basse émissivité du revêtement externe se traduit par une

diminution du coefficient d'échange superficiel externe et par des pertes thermiques un peu plus faibles.

Ainsi opter pour un revêtement de calorifuge en **tôle d'aluminium** avec une très faible émissivité (0,13) au lieu d'un revêtement en **PVC** avec une émissivité élevée (0,94) induit une diminution des pertes, généralement, **entre 5 et 15%**. La diminution est d'autant plus restreinte que l'épaisseur d'isolant est importante et la conductivité du calorifuge faible.

Figure 32

### Les coefficients d'échange superficiel sont plus faibles avec un revêtement en aluminium.

Exemples de valeurs de coefficient d'échange obtenues pour des tubes calorifugés (\*). Le coefficient d'échange thermique superficiel externe ( $h_e$ ) est plus faible avec un revêtement externe de basse émissivité et un niveau d'isolation élevé.

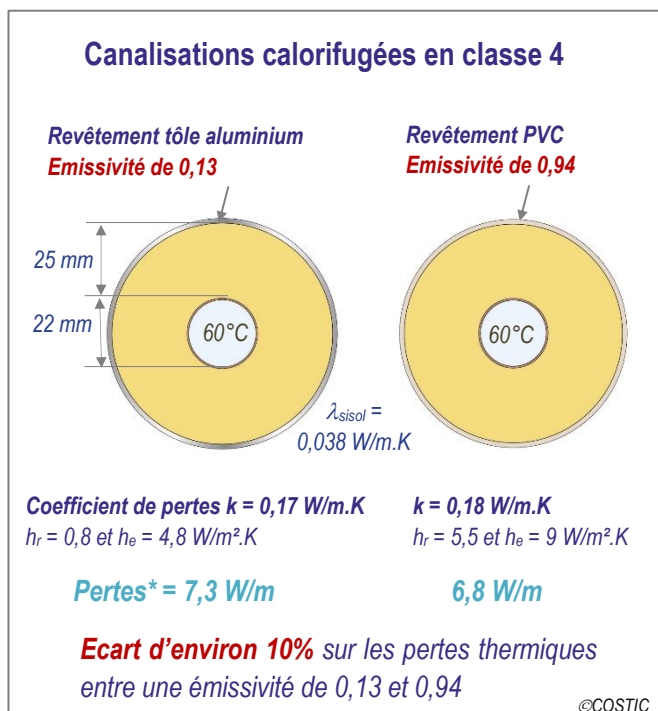
| Tubes calorifugés (*)                                   |                            |                                    |
|---|----------------------------|------------------------------------|
| Coefficient d'échange en $W/m^2.K$                      | Emissivité                 |                                    |
|   | 0,13 - 0,18<br>(aluminium) | 0,94<br>(surfaces non métalliques) |
| Coefficient d'échange par rayonnement ( $h_r$ )         | $\cong 1$                  | $\cong 5,5$                        |
| Coefficient d'échange par convection ( $h_c$ )          | 2,5 à 5,5                  |                                    |
| Coefficient d'échange superficiel ( $h_e = h_r + h_c$ ) | 3,5 à 6,5                  | 7,5 à 11                           |

\* Résultats obtenus à partir des formules de la norme NF EN ISO 12241 (voir annexe 1) pour des tubes cuivre verticaux de 14 à 54 mm de diamètre extérieur, avec une isolation de classe 1 à 6.

Figure 33

### La perte thermique est un peu plus faible avec un revêtement en aluminium.

Exemple d'écarts sur les pertes obtenus entre une émissivité de 0,13 et de 0,94 pour une canalisation calorifugée en cuivre de 22 mm de diamètre extérieur.



\* Pertes thermiques déterminées à partir des formules de la norme NF EN ISO 12241 (voir annexe 1) pour une canalisation en cuivre verticale dans une ambiance à 20°C avec de l'eau à 60°C.

Une faible émissivité conduit également, pour une classe d'isolation et un isolant donnés, à des épaisseurs de calorifuge requises légèrement plus faibles.

Par exemple, pour un tube cuivre de 22 mm de diamètre extérieur avec un isolant de 0,038 W/m.K. de conductivité, une émissivité du revêtement externe de 0,13 au lieu de 0,94 induit une diminution d'épaisseur de calorifuge de 2 mm pour la classe 1, 4 mm pour la classe 4 et 6 mm pour la classe 6.

Figure 34

### Les valeurs d'émissivité d'une surface dépendent de la nature du matériau et de son état de surface.

Exemple de valeurs d'émissivité données dans la norme NF ISO 12241 qui porte sur les méthodes de calcul relatives au transfert de chaleur des équipements de bâtiment et des installations industrielles.

| Surfaces                     | Valeurs d'émissivité |
|------------------------------|----------------------|
| Aluminium laminé brillant    | 0,05                 |
| Aluminium oxydé              | 0,13                 |
| Tôle galvanisée propre       | 0,26                 |
| Tôle galvanisée poussiéreuse | 0,44                 |
| Feuille d'aluminium zingué   | 0,18                 |
| Surfaces non métalliques     | 0,94                 |

#### Note

#### Les valeurs d'émissivité d'un matériau

L'émissivité est fonction de plusieurs paramètres, notamment de la nature du matériau et de son état de surface.

Par exemple, pour le **cuivre**, les valeurs d'émissivité indiquées varient de 0,03 à 0,9 selon qu'il s'agit d'un cuivre poli, recuit, laminé ou oxydé, propre ou poussiéreux. Le cuivre poli propre est celui qui présente la plus faible émissivité. L'application d'une **peinture**, quel que soit le matériau, conduit à une émissivité généralement élevée de l'ordre de 0,9-0,95.

L'**aluminium** qui peut être utilisé, par exemple, pour le revêtement des tubes calorifugés en laine minérale présente une faible émissivité de l'ordre de 0,05 à 0,2. Les valeurs considérées pour les calculs de l'annexe informative T1 du NF DTU 45.2 P1-1 sont de 0,18 pour une feuille d'aluminium et de 0,13 pour une tôle en aluminium.

A contrario, les **matériaux plastiques** (isolant en mousse élastomère flexible, revêtement de calorifuge en PVC, tubes en plastique) présentent une émissivité élevée de l'ordre de 0,9-0,95.

A noter par ailleurs, que les valeurs indiquées dans la littérature varient d'une source à l'autre, tout particulièrement pour certains matériaux. Par exemple, pour le cuivre oxydé, les valeurs d'émissivité recensées dans 4 sources différentes vont de 0,2 à 0,9.

Pour ce qui est des **vannes non calorifugées**, des résultats de mesures réalisés par le COSTIC montrent que des modèles à brides (avec un écartement réduit) sont jusqu'à 10 fois plus déperditifs que des modèles taraudés (voir figure ci-après).

D'après des relevés sur site, l'isolation des vannes par des housses présentant une résistance thermique de 1,5 m<sup>2</sup>.K/W conduit à **une réduction d'environ 90% des pertes de ces vannes**.

Figure 35

**Une vanne à brides non calorifugée\* équivaut, en terme de pertes thermiques, à au moins une dizaine de mètres de tube de même diamètre isolé en classe 4.**

Valeurs des pertes thermiques en W et des coefficients de déperditions en W/K mesurées pour plusieurs corps de vannes métalliques de différentes tailles.

### Quel est l'écart sur les pertes thermiques entre une canalisation horizontale et verticale ?

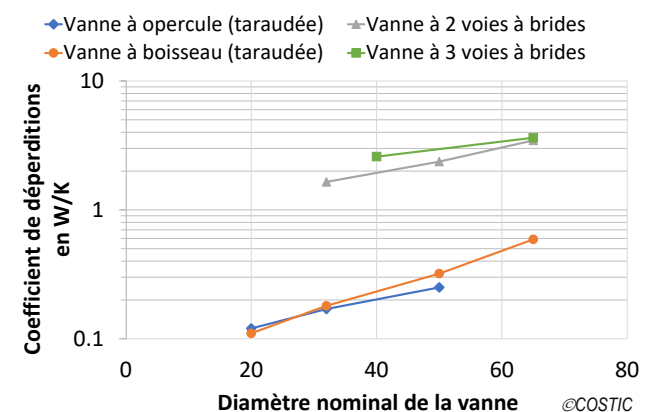
Les pertes thermiques d'une canalisation calorifugée verticale ou horizontale sont pratiquement identiques ; 2% de plus au maximum en position verticale par rapport à en horizontal, d'après les formules de calcul de la norme NF ISO 12241 (voir annexe 1).

### 3.6. L'estimation des pertes thermiques des singularités

De nombreuses singularités peuvent être sources de pertes thermiques supplémentaires si elles ne sont pas calorifugées : les vannes d'arrêt et de vidange, les vannes d'équilibrage, les circulateurs, les fixations des tuyauteries, ...

Il existe à notre connaissance peu de données issues de mesures permettant d'estimer l'ensemble de ces pertes thermiques.

| Déperditions des vannes non calorifugées en W** |                             |                                       |                           |                           |
|---|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Diamètre nominal                                | Vanne à opercule (taraudée) | Vanne à boisseau sphérique (taraudée) | Vanne à 2 voies à brides* | Vanne à 3 voies à brides* |
| DN20  | 5                           | 4                                     | -                         | -                         |
| DN32  | 7                           | 7                                     | 66                        | -                         |
| DN40  | -                           | -                                     | -                         | 104                       |
| DN50  | 10                          | 13                                    | 95                        | -                         |
| DN65  | -                           | 24                                    | 138                       | 145                       |



\* Vanne à brides avec un faible écartement entre les brides et le corps de la vanne.

\*\* Pertes thermiques pour une température d'eau de 60°C et une température ambiante de 20°C

Pour l'exemple de l'immeuble de référence de 12 logements, en supposant une perte par **vanne non calorifugée** (tarudée) de 6 W et le bouclage équipé de 5 vannes d'équilibrage et 15 vannes d'arrêt non calorifugées, cela représenterait environ **10% des pertes thermiques des canalisations** de ce bouclage isolé en classe 4. Si les vannes sont calorifugées, leurs pertes ne représenteraient plus qu'environ 1%.

Pour ce qui est des pertes thermiques liées aux **colliers de fixation des canalisations sans entretoise isolante**, constituant un pont thermique, elles sont considérées égales, dans la norme NF EN ISO 12241, à 15% des déperditions des canalisations, à l'intérieur des bâtiments.



## 4. LE DIMENSIONNEMENT DES RESEAUX BOUCLES

Cette partie traite du dimensionnement du bouclage :

- tout d'abord du réseau collectif d'alimentation d'ECS, les circuits allers du bouclage (ci-après)
- puis des circuits de retour du bouclage (page 51).

### 4.1. Le dimensionnement des circuits collectifs d'alimentation d'ECS

#### En bref

Les canalisations aller du bouclage sont dimensionnées selon le **NF DTU 60.11 P1-1**.

Ces canalisations sont déterminées de manière à ne pas dépasser une **valeur limite de vitesse** et assurer une **pression suffisante** au point le plus défavorisé.

Pour les **robinetteries hydro-économiques**, il est recommandé de prendre des valeurs de **débits plus faibles** pour ces calculs, en justifiant ces valeurs par une note, de manière à limiter le surdimensionnement de la distribution collective d'ECS.

Veillez également à **limiter** le plus possible **l'écart entre la pression de l'eau froide et celle d'ECS** à l'entrée des robinets, en limitant les écarts de pertes de charge entre les réseaux d'eau froide et d'ECS. Un déséquilibre entre les pressions d'eau froide et d'ECS aux robinets accroît le risque de retours d'eau froide dans l'ECS ou vice-versa, générateurs d'eau tiède et de développements bactériens.

Pour déterminer les diamètres des canalisations d'une distribution d'alimentation d'eau froide et d'ECS, le NF DTU 60.11 P1-1 d'août 2013 propose deux méthodes de dimensionnement :

- Une méthode générale, similaire à celle figurant dans l'ancien DTU 60.11.
- Une méthode simplifiée basée sur la norme européenne NF EN 806-3.

La méthode présentée ci-après correspond à la méthode générale pour la distribution collective d'eau froide ou d'ECS.

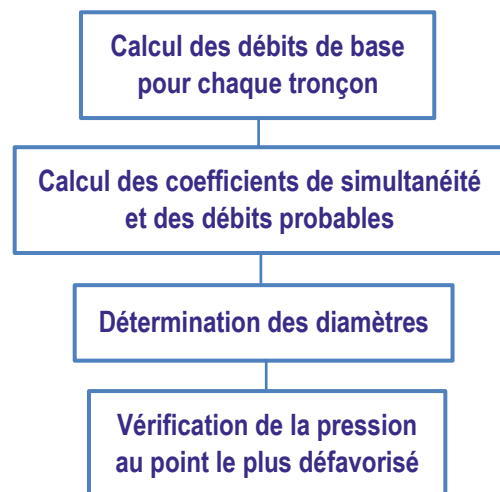
Elle consiste à calculer, pour chaque tronçon du réseau d'alimentation, les débits de base puis les coefficients de simultanéité et les débits probables. En fin de calcul, une vérification de la pression au point le plus défavorisé est réalisée.

Pour ce qui est du tracé du réseau, se reporter au chapitre 2. sur le choix de l'architecture.

Figure 36

La méthode générale de dimensionnement du NF DTU 60.11 P1-1 est identique qu'il s'agisse d'une distribution d'alimentation d'eau froide ou d'eau chaude sanitaire.

Les différentes étapes de calcul pour le dimensionnement d'une distribution collective d'eau froide ou d'ECS.



Le **NF DTU 60.11 P1-1** a pour domaine d'application **les bâtiments à usage d'habitation ou de bureaux**.

L'application de la méthode générale de dimensionnement aux établissements de santé, internats, stades, casernes, gymnases, ... n'est pas visée par ce NF DTU, en raison des spécificités de ces ouvrages.

Toutefois, des indications pour ces bâtiments sont données, en notes, à titre informatif dans ce NF DTU.

#### 4.1.1. La détermination des débits de base

Les débits de base sont déterminés tronçon par tronçon en partant des tronçons les plus éloignés (voir exemple ci-après). Le débit de base d'un tronçon est égal à la somme des débits de chaque appareil alimenté par ce tronçon.

Comme le spécifie le NF DTU 60.11 P1-1, les débits des appareils à prendre en considération, sont :

- Soit les débits indiqués dans le NF DTU (voir tableau ci-après).
- Soit les valeurs de débits spécifiées dans les documents particuliers du marché (voir encadré ci-après).

Le NF DTU indique par ailleurs, dans une note informative, que :

- Pour une chambre d'hôpital, seul le débit de l'appareil le plus demandeur (généralement la douche) est à prendre en compte pour l'ECS.
- Les débits des points de puisages à usage ponctuel peuvent ne pas être pris en compte dans les calculs.

Figure 37

#### L'utilisation pour le dimensionnement des canalisations des valeurs de débits des appareils spécifiées par le NF DTU 60.11 P1-1 n'est pas imposée.

Valeurs de débits minimaux des appareils spécifiées dans le NF DTU 60.11 P1-1 pour la méthode générale de dimensionnement des canalisations. Ces débits sont valables à la sortie d'un robinet d'eau froide, d'ECS ou d'un mitigeur.

| Désignation de l'appareil  | Débits minimaux de calcul en l/s spécifiés par le NF DTU 60.11 P1-1 |
|--|---|
| Evier, douche, lavabo, bidet   | 0,20  |
| Baignoire, poste d'eau robinet ½, bac à laver                                      | 0,33  |
| Lave-mains   | 0,10  |
| Poste d'eau robinet ¾  | 0,42  |
| Machine industrielle ou autre appareil, Cabines multi-jets et appareils à brassage | Se conformer à l'instruction du fabricant                           |



Des valeurs de débits d'appareils différentes de celles indiquées par le NF DTU 60.11 P1-1 peuvent être utilisées pour le dimensionnement des canalisations.

En effet, le NF DTU spécifie que les documents particuliers du marché peuvent mentionner des valeurs différentes, en particulier pour les lavabos.

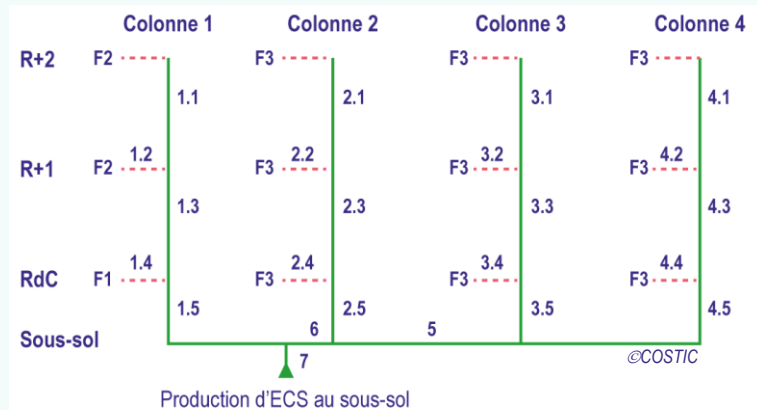
Il indique également dans une note, à titre informatif, que dans le cas d'utilisation de robinetteries hydro-économiques et de la prise en compte du débit d'ECS nécessaire à la fourniture d'eau mitigée, les débits d'eau chaude et les diamètres des tubes peuvent être optimisés. Une note de calcul doit justifier la faisabilité.

Il importe de limiter les surdimensionnements des circuits conduisant à des taux de renouvellement d'eau dans les canalisations moins élevés et à de plus faibles vitesses d'écoulement, favorables à la croissance des biofilms dans lesquels les micro-organismes se développent. L'impact est également négatif en termes d'analyse du cycle de vie (plus de matière, ...).

## Exemple de dimensionnement d'une distribution collective d'alimentation d'ECS

### Description du cas traité :

- Un immeuble de 12 logements (R+2) comportant 1 F1, 2 F2 et 9 F3.
- Une distribution par colonnes montantes.
- Une colonne dessert à chaque étage un seul appartement, de manière à respecter l'exigence du NF DTU 60.11 P1-2 de **moins de 8 mètres** entre la boucle ECS et le point de puisages le plus éloigné.
- Appareils dans les logements F1 et F2 : un évier, un lavabo, une douche.
- Appareils dans les logements F3 : un évier, un lavabo, une baignoire.
- Lavabos équipés de **robinetteries hydro-économiques**. Le débit de ces lavabos spécifié dans le document particulier du marché pour le dimensionnement des canalisations est de 0,1 l/s (6 l/min).



### Résultat :

| Appartements F1 et F2 |                   |                             |
|-----------------------|-------------------|-----------------------------|
| Appareils desservis   | Nombre d'appareil | Débits des appareils en l/s |
| Douche                | 1                 | 0,20                        |
| Lavabo                | 1                 | <b>0,10</b>                 |
| Evier                 | 1                 | 0,20                        |
| Total                 | 3                 | 0,50                        |

| Appartements F3     |                   |                             |
|---------------------|-------------------|-----------------------------|
| Appareils desservis | Nombre d'appareil | Débits des appareils en l/s |
| Baignoire           | 1                 | 0,33                        |
| Lavabo              | 1                 | <b>0,10</b>                 |
| Evier               | 1                 | 0,20                        |
| Total               | 3                 | 0,63                        |

| Repère du tronçon | Logements ou tronçons desservis | Nombre d'appareils | Débits de base du tronçon en l/s |
|-------------------|---------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| 1.1               | F2                              | 3                  | 0,5                              |
| 1.2               | F2                              | 3                  | 0,5                              |
| 1.3               | 1.1 + 1.2                       | 6                  | 1                                |
| 1.4               | F1                              | 3                  | 0,5                              |
| 1.5               | 1.3 + 1.4                       | 9                  | 1,5                              |
| 2.1               | F3                              | 3                  | 0,63                             |
| 2.2               | F3                              | 3                  | 0,63                             |
| 2.3               | 2.1 + 2.2                       | 6                  | 1,26                             |
| 2.4               | F3                              | 3                  | 0,63                             |
| 2.5               | 2.3 + 2.4                       | 9                  | 1,89                             |
| 3.5               | idem 2.5                        | 9                  | 1,89                             |
| 4.5               | idem 2.5                        | 9                  | 1,89                             |
| 5                 | 3.5 + 4.5                       | 18                 | 3,78                             |
| 6                 | 5 + 2.5                         | 27                 | 5,67                             |
| 7                 | 6 + 1.5                         | 36                 | 7,17                             |

#### 4.1.2. Le calcul des coefficients de simultanéité et des débits probables

Le débit probable d'alimentation est le débit maximal qui peut survenir dans un tronçon. Il est égal au débit de base du tronçon multiplié par un coefficient de simultanéité.

Ce **coefficient de simultanéité** ( $y$ ) est donné pour les bâtiments d'habitation et de bureaux par la formule suivante du NF DTU 60.11 P1-1 :

$$y = \frac{0,8}{\sqrt{x-1}}$$

où  $x$  est le nombre d'appareils ( $x > 5$ ).



Cette **formule** de calcul du **coefficient de simultanéité** pour les bâtiments d'habitation et de bureaux est **valide pour plus de 5 appareils** desservis.

Si le nombre d'appareil est inférieur ou égal à 5, le diamètre de la canalisation est déterminé comme pour une installation individuelle, à partir des coefficients d'usage (voir exemple ci-après).

Le NF DTU 60.11 P1-1 indique dans une note informative que :

- Dans le cas des **hôpitaux, maisons de retraite, foyers de personnes âgées**, le même coefficient de simultanéité peut être retenu.
- Dans le cas d'**écoles, internats, stades, gymnases, casernes**, il faut considérer que tous les lavabos ou douches peuvent fonctionner simultanément, sauf si l'installation est équipée de robinets à fermeture temporisée.

Pour les installations dotées de **robinetteries à fermeture temporisée**, certains constructeurs proposent de multiplier les débits nominaux des robinetteries desservies par un coefficient de :

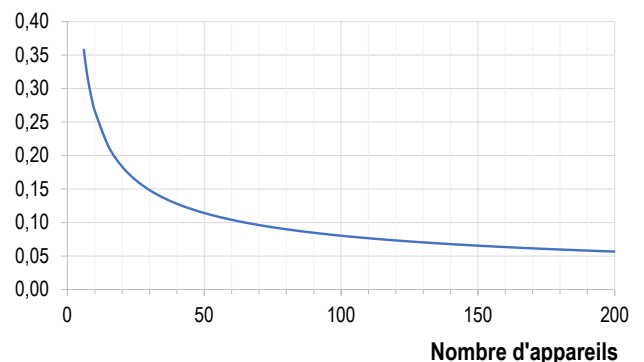
- 0,6 à 0,7 dans le cas de très fortes fréquentations ponctuelles (vestiaires de stade, casernes, internats, campings, piscines municipales et centres nautiques très fréquentés, ...).
- $2 / (x - 1)^{0,5}$ , ( $x$  correspondant au nombre de robinetteries), dans le cas d'une fréquentation simultanée forte (écoles, campings, piscines de centre sportif, d'une petite communauté de commune ...).

Figure 38

**Plus le nombre d'appareils est élevé, plus la probabilité d'avoir une proportion importante de points de puisages sollicités simultanément est faible.**

Valeurs du coefficient de simultanéité en fonction du nombre d'appareils installés, spécifié dans le NF DTU 60.11 P1-1 pour les immeubles d'habitation et de bureaux.

Coefficient de simultanéité



**Remarque :** Le débit maximal calculé pour le dimensionnement des canalisations d'ECS est supérieur à celui considéré pour le dimensionnement des systèmes de production instantanée en ECS.

Ainsi, pour l'immeuble de référence de 12 logements pris en exemple ci-après, le débit maximal est de 0,97 l/s. Pour le dimensionnement du système de production d'ECS, le débit considéré pour ce même exemple est de 0,45 l/s d'après le guide de dimensionnement en habitat<sup>5</sup>.

<sup>5</sup>COSTIC - Guide technique : Le dimensionnement des systèmes de production d'eau chaude sanitaire en habitat individuel et collectif - ADEME, EDF, CEGIBAT, COSTIC - Juin 2019 (téléchargeable librement)

### Exemple de dimensionnement d'une distribution collective d'alimentation d'ECS

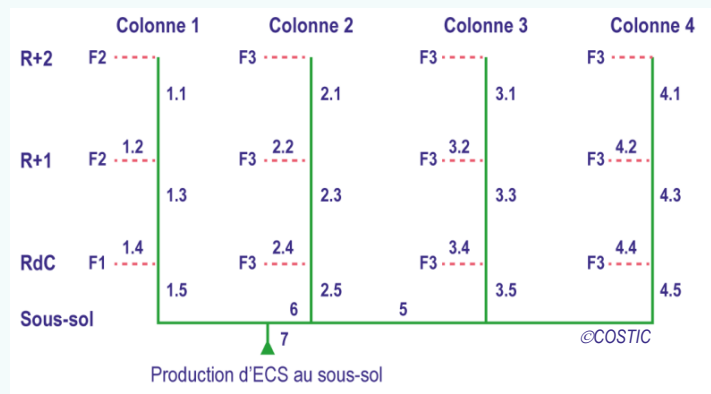
#### Description du cas traité :

Le même immeuble de 12 logements que précédemment.

#### Résultat :

Le coefficient de simultanéité est calculé à partir de la formule du NF DTU 60.11 P1-1 indiquée ci-avant, excepté pour les tronçons 1.1, 2.1, 3.1 et 4.1 qui ne desservent que 3 appareils. Ces derniers tronçons sont déterminés comme pour une installation individuelle (voir exemple chapitre suivant, page 47).

| Repère du tronçon | $\chi^*$ | Débits de base du tronçon en l/s | Coefficient de simultanéité | Débit probable du tronçon en l/s |
|-------------------|----------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1.3               | 6        | 1,00                             | 0,36                        | 0,36                             |
| 1.5               | 9        | 1,50                             | 0,28                        | 0,42                             |
| 2.3               | 6        | 1,26                             | 0,36                        | 0,45                             |
| 2.5               | 9        | 1,89                             | 0,28                        | 0,53                             |
| 3.5               | 9        | 1,89                             | 0,28                        | 0,53                             |
| 4.5               | 9        | 1,89                             | 0,28                        | 0,53                             |
| 5                 | 18       | 3,78                             | 0,19                        | 0,73                             |
| 6                 | 27       | 5,67                             | 0,16                        | 0,89                             |
| 7                 | 36       | 7,17                             | 0,14                        | 0,97                             |



\*  $\chi$  correspond au nombre d'appareils desservis par le tronçon

#### 4.1.3. La détermination des diamètres des canalisations d'alimentation

Les diamètres sont déterminés à partir des débits probables calculés précédemment et des vitesses limites de circulation d'eau imposées :

$$D = 2 \sqrt{\frac{1000 \cdot q}{\pi \cdot V}}$$

$D$  : Diamètre intérieur maximal du tube en mm

$q$  : Débit probable en l/s

$V$  : Vitesse maximale en m/s

Les vitesses maximales imposées par le NF DTU 60.11 P1-1 pour la méthode générale de dimensionnement sont de :

- 2 m/s dans les tuyauteries en sous-sol et en vide sanitaire ou locaux techniques.
- 1,5 m/s dans les colonnes montantes.



Même si le NF DTU ne l'exige pas, il est recommandé de **ne pas dépasser une vitesse maximale de 1,5 m/s quel que soit l'emplacement**, de manière à limiter les pertes de charge dans les canalisations d'alimentation d'ECS.

Moins ces pertes de charge sont élevées, moins elles engendrent de **diminution du débit de bouclage** lors des forts soutirages (voir chapitre 4.2.5.).

Avoir des pertes de charge plus faibles dans les canalisations d'ECS que dans celles d'eau froide permet également de **réduire le déséquilibre entre les pressions d'eau froide et d'ECS** aux robinets générés par la présence sur les circuits d'ECS d'équipements supplémentaires (production d'ECS par échangeur à plaques en instantané ou avec un stockage primaire, clapet EA et compteur d'ECS, voir exemple chapitre 4.1.4).



Les tableaux ci-après permettent de déterminer directement le diamètre des canalisations pour différents matériaux, en fonction du débit probable calculé, pour ne pas dépasser une vitesse maximale de 1,5 m/s (voir exemple ci-après).

**N.B.** : Si le diamètre intérieur des raccords, tés, coudes, etc. est moindre que celui de la canalisation, cela peut générer des désordres hydrauliques : dégazages, sifflements, ...

Figure 39

### Les circuits collectifs d'alimentation d'ECS sont dimensionnés pour ne pas dépasser une valeur limite de vitesse.

Valeurs maximales de débits, en fonction des diamètres intérieurs des canalisations, pour une vitesse limite de 1,5 m/s.

| Tubes en cuivre                          |  |
|--|--|
| Diamètres intérieurs et extérieurs en mm | Débits en l/s correspondant à une vitesse de 1,5 m/s |
| 12 / 14                                  | 0,17   |
| 13 / 15                                  | 0,20   |
| 14 / 16                                  | 0,23   |
| 16 / 18                                  | 0,30   |
| 20 / 22                                  | 0,47   |
| 26 / 28                                  | 0,80   |
| 33 / 35                                  | 1,28   |
| 38 / 40                                  | 1,70   |
| 40 / 42                                  | 1,88   |
| 51 / 54                                  | 3,06   |
| 52 / 54                                  | 3,19   |
| 60 / 64                                  | 4,24   |

| Tubes en PVC-C     |   |  |
|--------------------|---|--|
| Classe de pression | Diamètres intérieurs et extérieurs en mm* | Débits en l/s correspondant à une vitesse de 1,5 m/s |
| PN25               | 12,4 / 16                                 | 0.18   |
|                    | 15,4 / 20                                 | 0.28   |
|                    | 19,4 / 25                                 | 0,44   |
|                    | 24,8 / 32                                 | 0,72   |
|                    | 31 / 40                                   | 1,13   |
|                    | 38,8 / 50                                 | 1,77   |
|                    | 48,8 / 63                                 | 2,81   |
| PN16               | 21,2 / 25                                 | 0.53   |
|                    | 27,2 / 32                                 | 0.87   |
|                    | 34 / 40                                   | 1.36   |
|                    | 42,6 / 50                                 | 2.14   |
|                    | 53,6 / 63                                 | 3.38   |
|                    | 63,8 / 75                                 | 4,80   |

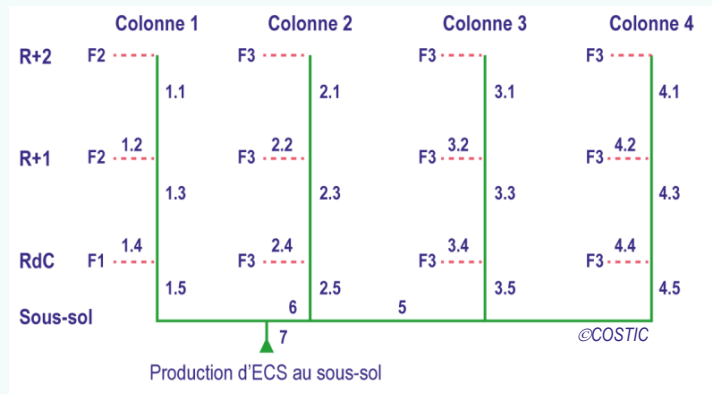
### Exemple de dimensionnement d'une distribution collective d'alimentation d'ECS

#### Description du cas traité :

Le même immeuble de 12 logements que précédemment.

#### Résultat :

Dans le tableau ci-après sont indiquées les valeurs de diamètres des canalisations en PVC-C (PN25) obtenues à partir des débits probables calculés précédemment, pour une vitesse limite maximale de 1,5 m/s.

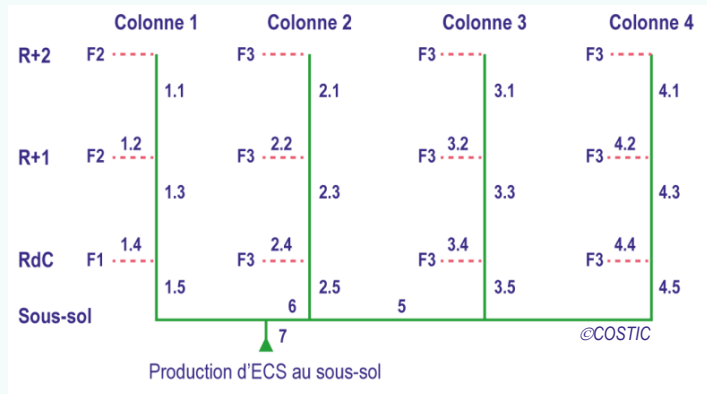


**Par exemple, dans le tronçon 1.3, le débit probable calculé est de 0,36 l/s.**

Le diamètre intérieur/extérieur de la canalisation PVC-C (PN25) déterminé à partir du tableau figure ci-avant, pour ne pas dépasser dans ce tronçon la vitesse limite de 1,5 m/s, est de 19,4 / 25 mm.

D'après ce tableau, dans une canalisation de 19,4 / 25 mm, le débit maximal qui peut transiter pour satisfaire l'exigence de vitesse limite de 1,5 m/s est de 0,44 l/s et de seulement 0,28 l/s pour une canalisation de 15,4 / 20 mm.

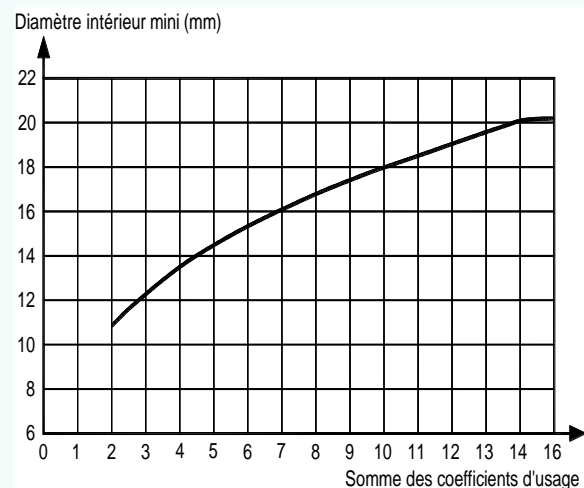
| Repère du tronçon | Débit probable du tronçon en l/s | Diamètres intérieurs/extérieurs des canalisations en PVC-C (PN25) en mm |
|-------------------|----------------------------------|---|
| 1,3               | 0,36                             | 19,4 / 25   |
| 1,5               | 0,42                             | 19,4 / 25   |
| 2,3               | 0,45                             | 24,8 / 32   |
| 2,5               | 0,53                             | 24,8 / 32   |
| 3,5               | 0,53                             | 24,8 / 32   |
| 4,5               | 0,53                             | 24,8 / 32   |
| 5                 | 0,73                             | 31 / 40   |
| 6                 | 0,89                             | 31 / 40   |
| 7                 | 0,97                             | 31 / 40   |



**Les diamètres des canalisations des tronçons 1.1, 2.1, 3.1 et 4.1** qui desservent moins de 5 appareils sont déterminés selon le NF DTU 60.11 P1-1, comme pour une installation individuelle.

Ils sont obtenus à partir de l'abaque ci-après de ce NF DTU qui indique le diamètre intérieur minimal de la canalisation requis en fonction de la somme des coefficients d'usage des appareils desservis, déterminés à partir du tableau ci-dessous.

| Type d'appareil                  | Coefficients d'usage spécifiés par le NF DTU 60.11 P1-1 |
|----------------------------------|---|
| Lave-mains                       | 0,5   |
| Bidet                            | 1   |
| Lavabo                           | 1,5   |
| Douche, poste d'eau              | 2   |
| Evier                            | 2,5   |
| Baignoire de 150 litres ou moins | 3   |
| Baignoire > 150 l                | 3 + 0,1 par tranche de 10 l supplémentaire              |



Ainsi, le tronçon 1.1 dessert une douche, un lavabo et un évier.

La somme de ces coefficients d'usage d'après le tableau ci-avant est de 6 (2+ 1,5+2,5).

Le diamètre intérieur minimal du tronçon 1.1 requis est donc d'après l'abaque ci-dessus d'environ 15,6 mm, soit en PVC-C (PN25) une canalisation de diamètre intérieur / extérieur de 19,4 / 25 mm.

Le tronçons 2.1, 3.1 et 4.1 alimente une baignoire standard de 150 l, un lavabo et un évier. La somme des coefficients d'usage est de 7 (3 + 1.5 + 2.5).

Le diamètre intérieur minimal de ces tronçons requis est d'environ 16,2 mm, soit en PVC-C (PN25) une canalisation de 19,4 / 25 mm.

#### 4.1.4. La vérification de la pression au point le plus défavorisé

##### Quelles sont les exigences de pression minimale ?

L'installation doit être conçue de manière à obtenir une pression suffisante en chaque point de puisages pour garantir un débit satisfaisant et limiter les risques de retours d'eau :

- Dans le code de la santé publique, l'article R 1321-58 impose une pression en tout point du réseau **d'au moins 3 mCE à l'heure de pointe de consommation**, pour éviter les retours d'eau par siphonnage. Cet article indique également que pour des immeubles de **plus de 6 étages**, des **surpresseurs** et des réservoirs de mise sous pression peuvent être mis en œuvre. Six étages, cela correspond à environ 16 mCE, en supposant 2,7 mètres par étage.
- Pour les immeubles d'habitation collectifs, le NF DTU 60.11 P1-1 recommande une pression minimale d'alimentation de **1 bar en entrée de chaque logement**.
- **Certains équipements** tels que les chaudières individuelles gaz pour la production d'ECS, les mitigeurs thermostatiques bain/douche requièrent une pression minimale d'alimentation supérieure aux exigences du code de la santé publique.

**!** Veillez également à **limiter l'écart de pression entre l'eau froide et l'ECS à l'entrée des robinets**, généré par la présence sur les circuits d'ECS d'équipements supplémentaires (production d'ECS par échangeur à plaques en instantané ou avec un stockage primaire, clapet EA, compteur d'ECS). Plus la pression d'ECS est faible par rapport à celle d'eau froide, plus cela accroît le risque de passages d'eau froide dans l'ECS.

Il est conseillé de **ne pas dépasser un écart de 5 mCE** entre les pertes de charge du réseau collectif d'eau froide et d'ECS, au point le plus défavorisé, pour les débits maximaux.

#### Quels calculs réaliser pour vérifier cette pression minimale ?

La pression minimale est déterminée comme indiqué figure ci-après, pour les conditions les plus défavorables ; pour :

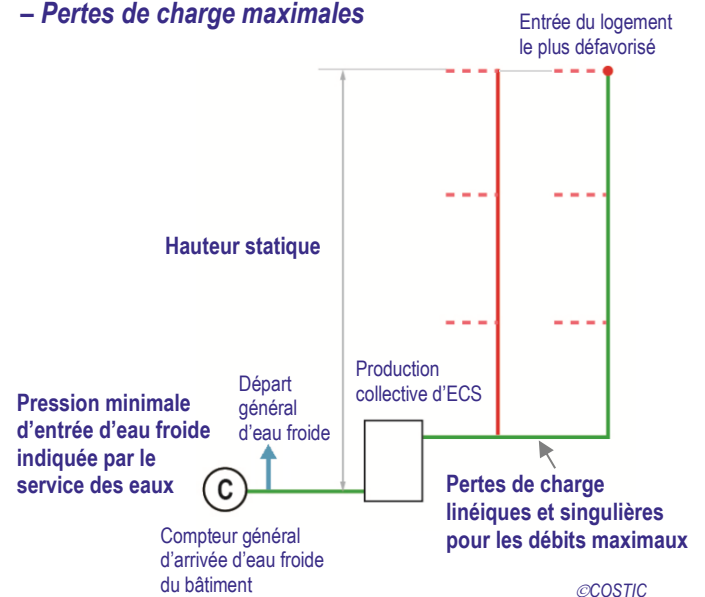
- La pression minimale d'entrée d'eau froide du site.
- Les débits maximaux de soutirages.
- Le point le plus défavorisé (en général le plus éloigné et le plus haut).

Figure 40

**La vérification de la pression minimale au point le plus défavorisé requiert de connaître la pression minimale à l'entrée, la hauteur du bâtiment et les pertes de charge.**

Exemple pour un immeuble d'habitation.

**Pression minimale au point le plus défavorisé =  
Pression d'entrée minimale – Hauteur statique  
– Pertes de charge maximales**



La pression minimale d'entrée au niveau du compteur général d'alimentation d'eau froide est donnée par le service des eaux.

La hauteur statique correspond à la hauteur d'élévation de l'eau dans le circuit le plus défavorisé. Ainsi, pour l'exemple figure ci-dessus, cela correspond à la différence de niveau entre le compteur d'eau général et l'entrée de l'appartement le plus éloigné et le plus haut.

**Les pertes de charge maximales** du réseau de distribution entre le compteur général d'eau froide et le point le plus défavorisé sont déterminées pour les débits probables calculés, correspondant aux débits maximaux.

Il s'agit à la fois des pertes de charge linéiques liées aux frottements du fluide sur les parois des canalisations et des pertes de charge singulières générées par les différents accidents de parcours (coudes, compteurs, vannes, clapet, production d'ECS, ...). Le calcul de ces pertes de charge linéiques est décrit au chapitre 4.2.5. sur le calcul de l'équilibrage.

### Que faire si la pression minimale calculée est insuffisante ?

Si la pression minimale est insuffisante à cause des **pertes de charge trop élevées** de la distribution et non due à la hauteur du bâtiment, différentes solutions sont à envisager pour réduire ces pertes de charge, avant de décider l'installation ou non d'un surpresseur :

- Augmentation des diamètres des canalisations présentant les vitesses de circulation les plus élevées.
- Modification éventuelle de l'architecture du réseau afin de limiter les longueurs.
- Changement de certains équipements de l'installation pour d'autres présentant moins de pertes de charge : par exemple, un changement de compteur d'eau ou bien encore dans le cas d'une production d'ECS par échangeur associé à un stockage primaire, un changement d'échangeur.

Si la pression minimale est insuffisante à cause de la **hauteur du bâtiment**, un surpresseur est à installer après le compteur général d'alimentation d'eau froide. Cela implique également, très souvent, la mise en place de réducteurs de pression à la fois sur le réseau d'eau froide et d'ECS à l'entrée des appartements aux étages inférieurs pour ne pas dépasser la pression maximale de 4 bar au point de puisages imposée par le NF DTU 60.11 P1-1.



Veillez à **limiter le plus possible les pertes de charge des circuits collectifs d'ECS** (voir note ci-après).

Il est recommandé, notamment, dans le cas d'une **production d'ECS par échangeur à plaques en instantané ou avec un stockage primaire**, d'opter pour un **échangeur générant une perte de charge de moins de 2 mCE** pour le débit maximal de soutirages.

### Note

**Comment limiter les pertes de charge des circuits collectifs d'alimentation d'ECS et pourquoi est-ce important ?**

Pour limiter les pertes de charge des circuits collectifs d'alimentation d'ECS, il est recommandé :

- De ne pas dépasser une vitesse maximale pour le dimensionnement des canalisations d'ECS de **1,5 m/s** (voir chapitre 4.1.3).
- D'opter pour **des équipements** sur ces circuits (clapet EA, compteur, échangeur,...) présentant le moins de pertes de charge possibles.

Il importe en effet, pour plusieurs raisons, de limiter le plus possible, les pertes de charge de ces circuits. Cela permet :

- **D'éviter** dans certains cas, l'installation d'un **surpresseur**, si la hauteur du bâtiment ne l'impose pas.
- De limiter le **déséquilibre entre les pressions d'eau froide et d'ECS** aux robinets générés par la présence sur les circuits d'ECS d'équipements supplémentaires. Plus l'écart entre ces pressions est important, plus cela augmente le risque d'intercommunication entre les réseaux d'eau froide et d'ECS, générateur d'eau tiède favorable aux développements bactériens.
- De réduire les **consommations d'énergie** du circulateur de bouclage et du surpresseur éventuel.

- De limiter les **diminutions des débits dans les circuits de retour de bouclage** durant les périodes de forts soutirages (voir figure 47 page 62). Si les pertes de charge sont très élevées, cela peut aller même jusqu'à une annulation voire des inversions des débits de bouclage.

Ce risque existe, en particulier, dans le cas d'un système de production par échangeur à plaques en instantané ou avec un stockage primaire qui peut générer des pertes de charge

importantes contrairement aux autres systèmes avec des ballons d'ECS (dont les pertes de charge sont pratiquement nulles).

C'est pourquoi, il est très important d'opter pour un échangeur ayant une perte de charge de moins de 2 mCE pour les débits maximaux de soutirages.

En effet, vis-à-vis du risque lié aux légionelles, l'impact des diminutions de débit est d'autant plus faible qu'elles sont peu élevées et par ailleurs, peu fréquentes.

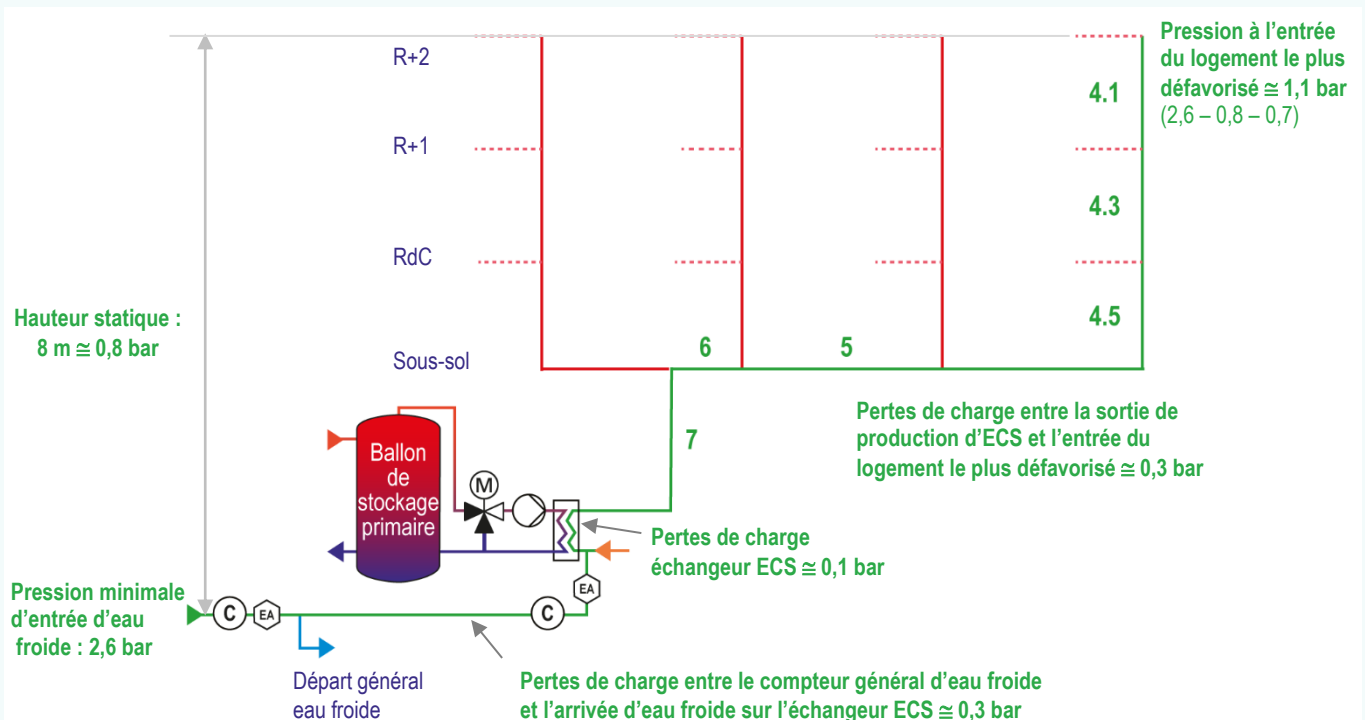
### Exemple de calcul de la pression minimale d'ECS à l'entrée du logement

#### Description du cas traité :

- Le même immeuble de 12 logements que précédemment.
- Production d'ECS assurée par un échangeur à plaques associé à un stockage primaire
- Pression minimale à l'entrée du compteur général d'eau froide de l'immeuble : 2,6 bar

#### Résultat :

La pression minimale obtenue de 1,1 bar à l'entrée de l'appartement le plus défavorisé permet de satisfaire l'exigence minimale de 1 bar du NF DTU 60.11 P1-1.



*Remarque : Si au sous-sol, la vitesse limitée considérée pour le dimensionnement des canalisations ECS est de 2 m/s au lieu de 1,5 m/s pour cet exemple, les pertes de charge du réseau d'ECS entre la sortie de production et l'entrée de l'appartement le plus éloigné sont d'environ 0,5 bar au lieu de 0,3 bar. Dans ce cas, l'exigence de pression minimale de 1 bar n'est plus respectée. Augmenter les diamètres des canalisations en sous-sol d'un diamètre permet de respecter la limitation de pression.*



## 4.2. Le dimensionnement des circuits de retours du bouclage

### En bref

Les circuits de retours de bouclage doivent être dimensionnés de manière à satisfaire différentes **exigences fondamentales** pour prévenir les risques liés aux légionelles et limiter les consommations d'énergie.

La méthode de dimensionnement présentée ci-après vise à satisfaire ces exigences, en limitant le plus possible les débits de bouclage et les pertes thermiques.

Cette méthode diffère, essentiellement au niveau de la première étape de calcul, de celle présentée en exemple dans le NF DTU 60.11 P1-2 d'août 2013 qui vise les bâtiments d'habitation et de bureaux.

### 4.2.1. Les exigences à satisfaire

Les circuits de retours de bouclage doivent être dimensionnés de manière à satisfaire différentes exigences :

- Une **température supérieure à 50°C** en tout point du bouclage pour prévenir les risques de développements des légionelles, conformément à l'arrêté du 23 juin 1978 modifié par l'arrêté du 30 novembre 2005.
- Des **pertes thermiques de bouclage les plus faibles possible**, à la fois pour limiter les consommations d'énergie, le dimensionnement de la production d'ECS et pour la prévention des risques liés aux légionelles (voir chapitre 3. Les pertes thermiques et leur limitation). Une isolation des canalisations de bouclage a **minima de classe 4** est recommandée.
- Une **chute maximale de température de 5 K, voire jusqu'à 7 K**, entre la sortie de production et le point le plus défavorisé sur les retours de boucles (voir note ci-après).

- Des **vitesse supérieure à 0,2 m/s** dans les retours du bouclage conformément au NF DTU 60.11 P1-2, pour obtenir un écoulement turbulent et limiter ainsi le développement du biofilm et l'accumulation des dépôts (voir note ci-après).
- Des **vitesse inférieure à 0,5 m/s** dans les retours du bouclage. Pour les canalisations en cuivre, il est conseillé d'avoir des vitesses permanentes inférieures à 0,3 m/s pour limiter les phénomènes de corrosion par érosion aux tés et aux raccords.
- Des **débits de bouclage les plus faibles possibles** de manière à limiter leur impact sur la production d'ECS et les consommations des circulateurs de bouclage. Pour certains systèmes de production, plus les débits de bouclage sont élevés plus le dimensionnement de la production d'ECS est important (voir chapitre 6.1. Le réchauffage par la production d'ECS).
- Une **ouverture des vannes d'équilibrage d'au moins 1 mm**, comme imposé par le NF DTU 60.11 P1-2 pour éviter des imprécisions d'équilibrage et des risques de colmatage. Cela implique, au niveau du dimensionnement, d'aller jusqu'à la détermination des vannes d'équilibrage et de leur position de réglage.
- Un **diamètre intérieur minimal des canalisations de 12 mm** conformément au NF DTU 60.11 P1-2 (voir figure ci-après).

Pour ce qui est du tracé du bouclage, les exigences relatives à celui-ci sont décrites dans le chapitre 2. Le choix de l'architecture du bouclage.



Il est très important que le **dimensionnement** des circuits de retours de bouclage réalisé **permette de satisfaire ces différentes exigences fondamentales**, pour prévenir les risques liés aux légionelles et limiter les consommations d'énergie.

## Note

**La chute maximale de température à respecter.**

La chute maximale de température entre la sortie de production et le point le plus défavorisé sur les retours de boucles, à considérer pour le dimensionnement, est fixée de manière à satisfaire une température minimale **en tout point du bouclage de 50°C**, dans des conditions défavorables de fonctionnement.

Ainsi, il est recommandé de fixer une chute maximale de **5 K, voire jusqu'à 7 K**, avec une température de consigne de production d'ECS de 60°C.

**Une chute de 5 K** permet de satisfaire l'exigence de température minimale de bouclage de 50°C, pour un système de production dimensionné pour une température minimale de sortie de production de 55°C avec une consigne à 60°C, comme c'est le cas avec les méthodes de l'ouvrage cité en référence <sup>6</sup>.

**Adopter une chute de 7 K** nécessite de s'assurer que la température en sortie du système de production ne descende pas en dessous de 57°C. Les températures minimales en sortie de production dépendent du dimensionnement du système, du type de production, de sa régulation et de la position du retour de bouclage dans le stockage d'ECS.

A l'inverse, il est recommandé de **ne pas fixer une chute maximale** de température pour le dimensionnement du bouclage **inférieure à 5 K** car cela conduit à des débits et donc à des consommations électriques du circulateur de bouclage plus élevées. Des débits de bouclage plus élevés impliquent également une augmentation notable du dimensionnement du système de production, pour certaines configurations (voir chapitre 6.1.).

Figure 41

**Les diamètres intérieurs des canalisations de retours de bouclage doivent être d'au moins 12 mm.**

Les diamètres minimaux imposés par le NF DTU 60.11 P1-2 selon les matériaux pour limiter le risque d'obstruction par entartrage.

**Diamètres minimaux imposés par le NF DTU 60.11 P1-2 pour les canalisations de retours de bouclage**

| Matériaux                 | Diamètres intérieurs / extérieurs en mm |
|---------------------------|---|
| Cuivre                    | 12 / 14                                 |
| PVC-C                     | 12,4 / 16                               |
| PEX ou PB                 | 13 / 16                                 |
| Pour les autres matériaux | 12                                      |

## Note

**Une vitesse minimale à respecter dans les canalisations de retours de bouclage.**

Le NF DTU 60.11 P1-2 impose une vitesse minimale de **0,2 m/s** dans les canalisations de retours de bouclage.

Le but essentiel est d'avoir un régime d'**écoulement turbulent** afin de limiter la croissance du biofilm fixé sur la paroi du tube au sein duquel les légionelles et autres micro-organismes se développent (voir figure 42 ci-après).

Des études de cas ont montré qu'une vitesse minimale de 0,2 m/s dans les canalisations de retours de boucles permet souvent d'obtenir un régime d'écoulement turbulent (Reynolds > 2000), y compris dans les canalisations d'alimentation, en l'absence de soutirages (voir exemple figure 43 ci-après).

Le nombre de Reynolds qui permet de caractériser le régime d'écoulement est déterminé par la formule suivante :

$$Re = V \times D / \nu$$

V : Vitesse d'écoulement en m/s

D : Diamètre intérieur de la canalisation en mm

$\nu$  : Viscosité cinématique de l'eau en m<sup>2</sup>/s

de 5,6 x 10<sup>-7</sup> à 50°C et 4,8 x 10<sup>-7</sup> m<sup>2</sup>/s à 60°C

<sup>6</sup> COSTIC - Guide technique : Le dimensionnement des systèmes de production d'eau chaude sanitaire en habitat individuel et collectif - ADEME, EDF, CEGIBAT, COSTIC - Juin 2019 (téléchargeable librement sur <https://www.ademe.fr>, <https://cegibat.grdf.fr> ou <https://www.costic.com>)

Figure 42

**Des vitesses de circulation trop faibles favorisent la croissance des biofilms au sein desquels les légionelles se développent.**

En écoulement laminaire, les vitesses de circulation de l'eau à proximité de la paroi du tube sur laquelle le biofilm est fixé sont très faibles ou nulles, ce qui favorise son développement.

En écoulement turbulent, la croissance du biofilm est moins favorisée. Même s'il existe une sous-couche laminaire à la périphérie de la veine de fluide où les vitesses sont plus faibles, celle-ci est restreinte. D'après la formule de von Karman, cette sous-couche est d'autant plus fine que le régime est plus turbulent (Reynolds, Re, important), le diamètre (D) faible et le coefficient de perte de charge (F) (lié à la rugosité de la paroi) élevé.

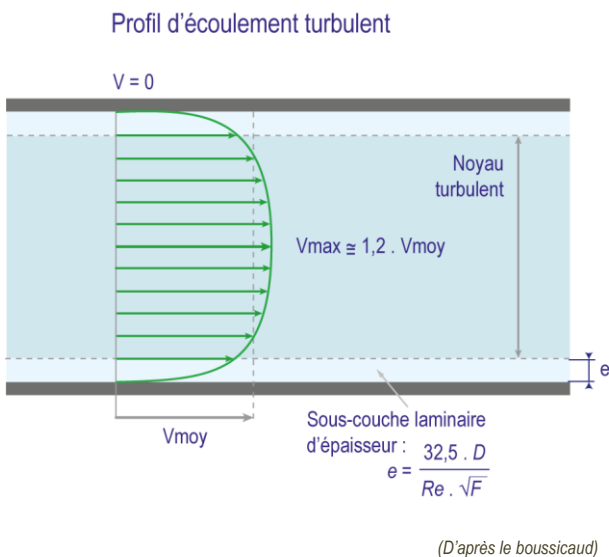
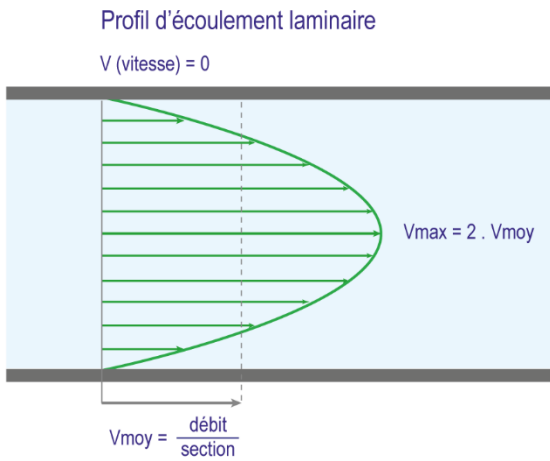
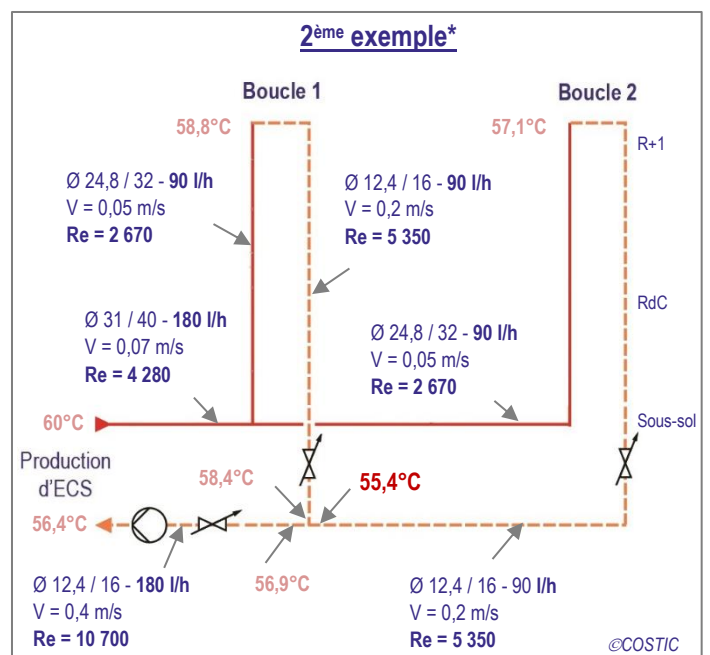
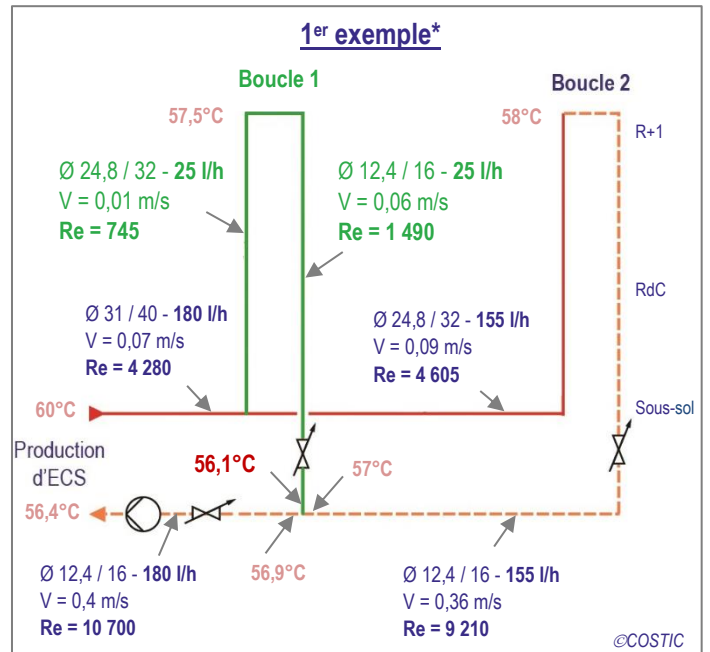


Figure 43

**Avoir des températures minimales de bouclage supérieures à 50°C ne garantit pas d'avoir des vitesses suffisantes pour limiter le développement des biofilms.**

Dans le 1<sup>er</sup> exemple ci-après, les températures en tout point du bouclage sont supérieures à 50°C. Néanmoins, le débit et les vitesses dans la boucle 1 sont insuffisants ce qui génère un écoulement laminaire ( $Re < 2\ 000$ ) en l'absence de soutirage.

A l'inverse, dans le 2<sup>ème</sup> exemple, les vitesses minimales dans les retours des 2 boucles sont de 0,2 m/s ce qui conduit à un écoulement turbulent dans l'ensemble de l'installation.



\* Entre ces 2 exemples, seuls les débits dans les boucles changent. Le niveau de calorifugeage est faible dans les 2 cas.

## 4.2.2. La méthode de calcul

Pour dimensionner les circuits de retours de bouclage, le NF DTU 60.11 P1-2 d'août 2013, qui a pour domaine d'application les bâtiments à usage d'habitation ou de bureaux, donne un **exemple** de méthode.

La méthode présentée ci-après diffère de celle décrite dans le NF DTU 60.11 P1-2, principalement au niveau de la première étape. Le but de cette méthode, présentée ici, est de limiter le plus possible les débits de bouclage et les pertes thermiques des canalisations. Les différentes étapes de cette méthode sont les suivantes :

- La 1<sup>ère</sup> étape consiste à déterminer les diamètres et les débits dans les retours en fixant comme valeur de débit dans les canalisations de retours des boucles, la valeur la plus faible qui respecte les exigences de vitesse minimale, afin de limiter le plus possible les débits de bouclage.
- La 2<sup>ème</sup> étape a pour but :
  - De déterminer les épaisseurs de calorifuge de l'ensemble du bouclage.
  - De calculer les pertes thermiques correspondantes. A noter que la connaissance des pertes thermiques et du débit total de bouclage est également nécessaire pour le dimensionnement du système de production d'ECS.
  - De vérifier que l'exigence de chute maximale de température de 5K (voire jusqu'à 7 K) est bien satisfaite (voir note page 52). Si ce n'est pas le cas compte tenu d'un niveau d'isolation insuffisant, un niveau de calorifugeage plus important est à prévoir. S'il n'est pas possible de minimiser plus les pertes thermiques, les débits dans les retours de boucles sont à augmenter de manière à satisfaire cette exigence de chute maximale, ce qui peut entraîner également des changements de diamètres.
- La 3<sup>ème</sup> étape porte sur les calculs d'équilibrage et le choix du circulateur de bouclage.

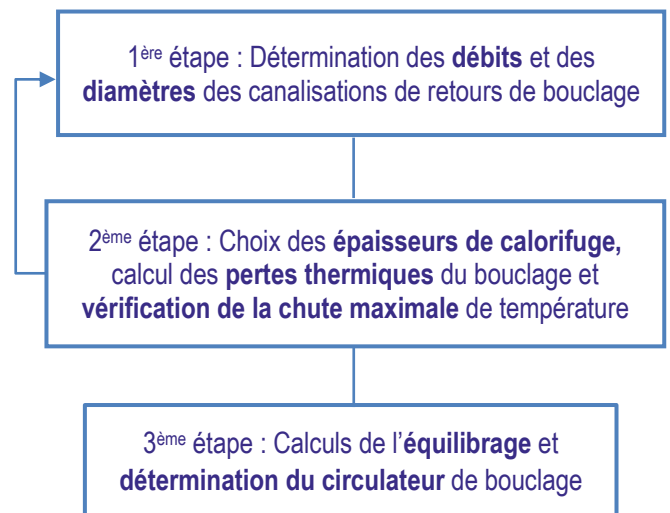


Les calculs de **dimensionnement** des circuits de retour de bouclage sont réalisés **en l'absence de soutirages** et pour les **températures d'eau et d'ambiance les plus défavorables**.

Figure 44

La méthode de dimensionnement des circuits de bouclage présentée ici vise à limiter le plus possible les débits de bouclage et les pertes thermiques.

Les principales étapes de la méthode de calcul présentée ci-après, qui peut nécessiter des calculs itératifs.



### 4.2.3. La détermination des débits et des diamètres des retours

Les débits et les diamètres des canalisations des retours de bouclage (retours de boucles et collecteurs des retours) sont choisis de manière à satisfaire les contraintes de vitesses minimales et maximales à partir des tableaux ci-après.

Choisir tout d'abord pour les canalisations de retours des boucles, les plus petites valeurs de diamètres et de débits indiquées pour le matériau adopté dans le tableau ci-après (valeurs grisées). Par exemple, en PVC-C, un diamètre de 12,4 / 16 mm et un débit de 90 l/h sont fixés pour chaque retour de boucles.

Pour les collecteurs des retours, ajouter les différents débits des boucles collectées et sélectionner le diamètre qui permet de satisfaire les vitesses limites à partir des tableaux ci-après (voir exemple ci-après).

Si le calcul conduit à un diamètre de retour supérieur au diamètre du collecteur aller, revoir la conception du réseau.

Figure 45

**Pour les canalisations de retours des boucles, choisir un diamètre et un débit correspondant à la vitesse minimale de 0,2 m/s et au diamètre intérieur minimal de 12 mm.**

Valeurs de débits pour les canalisations de retours des boucles et pour les collecteurs des retours, en cuivre ou en PVC-C, correspondant à la vitesse minimale de 0,2 m/s et à la vitesse maximale de 0,5 m/s. Pour le cuivre, il est conseillé d'avoir des vitesses permanentes inférieures à 0,3 m/s pour limiter les phénomènes de corrosion par érosion aux tés et aux raccords.

| Tubes en cuivre                         |                                       |           |           |
|---|---------------------------------------|-----------|-----------|
| Diamètres intérieurs / extérieurs en mm | Débits correspondant à une vitesse de |           |           |
|   | 0,2 m/s                               | 0,3 m/s   | 0,5 m/s   |
| 12 / 14                                 | 85 l/h                                | 120 l/h   | 200 l/h   |
| 13 / 15                                 | 100 l/h                               | 140 l/h   | 235 l/h   |
| 14 / 16                                 | 115 l/h                               | 165 l/h   | 275 l/h   |
| 16 / 18                                 | 145 l/h                               | 215 l/h   | 360 l/h   |
| 20 / 22                                 | 230 l/h                               | 335 l/h   | 565 l/h   |
| 26 / 28                                 | 385 l/h                               | 570 l/h   | 955 l/h   |
| 33 / 35                                 | 620 l/h                               | 920 l/h   | 1 535 l/h |
| 38 / 40                                 | 820 l/h                               | 1 220 l/h | 2 040 l/h |
| 40 / 42                                 | 905 l/h                               | 1 355 l/h | 2 260 l/h |
| 51 / 54                                 | 1 475 l/h                             | 2 205 l/h | 3 675 l/h |
| 52 / 54                                 | 1 530 l/h                             | 2 290 l/h | 3 820 l/h |
| 60 / 64                                 | 2 040 l/h                             | 3 050 l/h | 5 085 l/h |

| Tubes en PVC-C     |   |                                       |           |
|--------------------|---|---------------------------------------|-----------|
| Classe de pression | Diamètres intérieurs et extérieurs en mm* | Débits correspondant à une vitesse de |           |
|                    |   | 0,2 m/s                               | 0,5 m/s   |
| PN25               | 12,4 / 16                                 | 90 l/h                                | 215 l/h   |
|                    | 15,4 / 20                                 | 135 l/h                               | 335 l/h   |
|                    | 19,4 / 25                                 | 215 l/h                               | 530 l/h   |
|                    | 24,8 / 32                                 | 350 l/h                               | 865 l/h   |
|                    | 31 / 40                                   | 545 l/h                               | 1 355 l/h |
|                    | 38,8 / 50                                 | 855 l/h                               | 2 125 l/h |
|                    | 48,8 / 63                                 | 1 350 l/h                             | 3 365 l/h |
|                    | PN16                                      | 21,2 / 25                             | 255 l/h   |
| 27,2 / 32          |   | 420 l/h                               | 1 045 l/h |
| 34 / 40            |   | 655 l/h                               | 1 630 l/h |
| 42,6 / 50          |   | 1 030 l/h                             | 2 565 l/h |
| 53,6 / 63          |   | 1 625 l/h                             | 4 060 l/h |
| 63,8 / 75          |   | 2 305 l/h                             | 5 750 l/h |



## Exemple de dimensionnement des circuits de retours de bouclage

### Description du cas traité :

- Le même exemple que celui traité au chapitre précédent : un immeuble de 12 logements (R+2)
- Une distribution en PVC-C par colonnes montantes.
- Une colonne dessert à chaque étage un seul appartement, de manière à respecter l'exigence du NF DTU 60.11 P1-2 de **moins de 8 mètres** entre la boucle ECS et le point de puisages le plus éloigné.

### Résultat :

Pour les tronçons 1 bis, 2 bis, 3 bis et 4 bis correspondant aux canalisations de retours des boucles 1, 2, 3 et 4, un diamètre intérieur/extérieur de 12,4/16 mm en PVC-C et un débit de 90 l/h sont choisis à partir du tableau page précédente.

Ils permettent de satisfaire l'exigence de vitesse minimale de 0,2 m/s et de diamètre minimal intérieur de 12 mm imposée par le NF DTU 60.11 P1-2.

**Remarque :** Prendre un diamètre 15,4/20 mm au lieu de 12,4/16 mm conduit à un débit de 135 l/h au lieu de 90 l/h soit **50% plus élevé** alors que l'objectif est au contraire de minimiser le plus possible le débit de bouclage.

**Le débit dans le collecteur des retours 5 bis correspond à la somme des débits des boucles 3 et 4 soit 180 m<sup>3</sup>/h.**

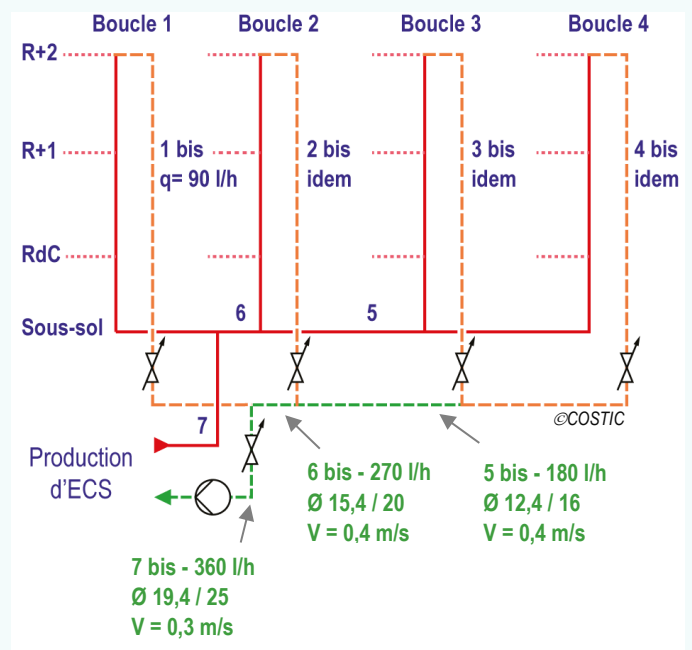
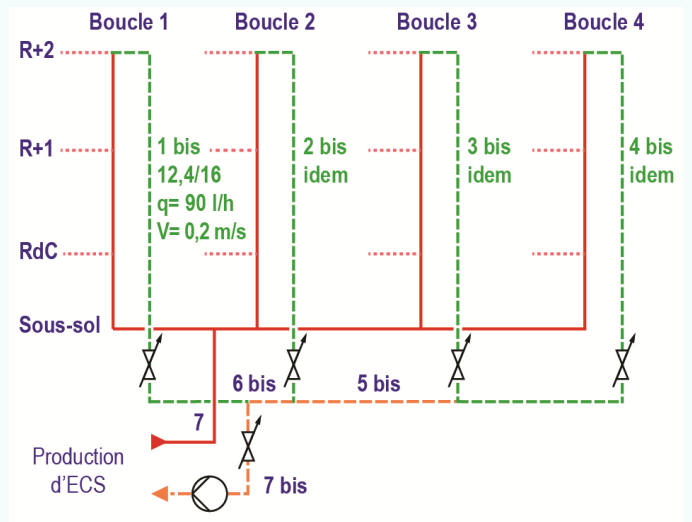
Un diamètre 12,4 /16 mm pour ce collecteur 5 bis permet de satisfaire la vitesse minimale de 0,2 m/s et la vitesse maximale de 0,5 m/s, comme indiqué dans le tableau ci-avant.

La même démarche est appliquée pour déterminer les collecteurs 6 bis et 7 bis (voir résultats figure ci-contre).

Ces diamètres des collecteurs sont bien inférieurs aux diamètres des collecteurs aller de 31/40 mm (tronçons 5,6 et 7).

Les débits ainsi calculés permettent d'obtenir un **écoulement turbulent** à la fois dans les canalisations aller et retour (Reynolds >2000). Les valeurs de Reynolds sont comprises entre :

- 5 350 et 13 670 sur le retour.
- 2 675 et 8 560 sur l'aller.



#### 4.2.4. La détermination des pertes thermiques et la vérification de la chute maximale de température

Afin de vérifier que les exigences de température de bouclage décrites précédemment (chapitre 4.2.1.) sont bien respectées, il est nécessaire tout d'abord de déterminer l'isolation des canalisations allers et retours ainsi que les coefficients de pertes thermiques ( $k$ ) correspondants en  $W/m.K$ .

Afin de limiter les pertes thermiques, il est recommandé de choisir des **épaisseurs de calorifuge** pour les canalisations allers et retours de bouclage qui permettent de satisfaire a minima une **classe 4** d'isolation.

La détermination de ces épaisseurs et des coefficients de pertes correspondants peut être faite à partir des abaques figurant en annexe 1 ou bien en utilisant les formules de calcul indiquées également en annexe 1.

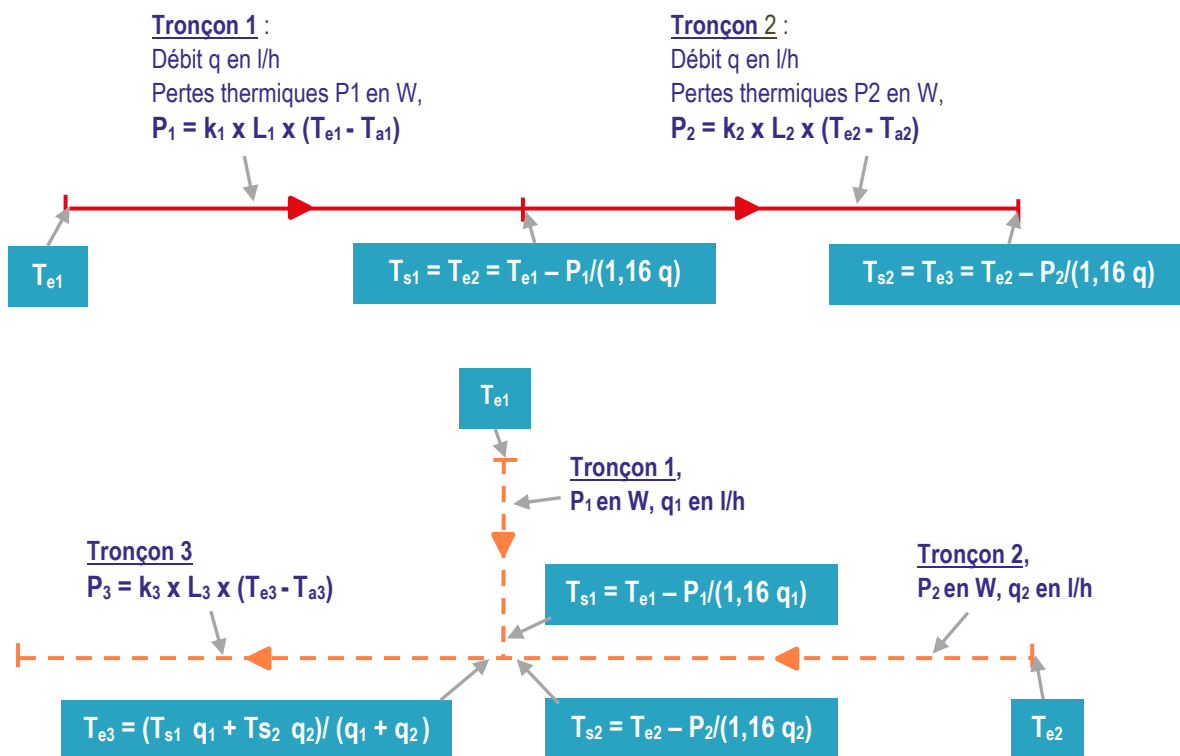
**Le calcul des températures d'eau et des pertes thermiques** correspondantes est ensuite effectué tronçon par tronçon en partant de la production d'ECS, comme indiqué figure ci-après.

Les valeurs de température ambiante à considérer pour ces calculs sont les valeurs minimales des locaux traversés.

Figure 46

**Le calcul des températures d'eau et des pertes thermiques est effectué successivement tronçon par tronçon en partant de la production d'ECS.**

Les formules de calcul à appliquer pour déterminer les pertes thermiques et les températures d'eau.



- $P_i$  : Pertes thermiques d'un tronçon en W  
 $k_i$  : Coefficient de pertes thermiques d'un tronçon en  $W/m.K$ .  
 $L_i$  : Longueur du tronçon en m  
 $T_{ei}$  : Température d'eau en entrée du tronçon en  $^{\circ}C$   
 $T_{si}$  : Température d'eau en sortie du tronçon en  $^{\circ}C$   
 $T_{ai}$  : Température ambiante minimale autour du tronçon en  $^{\circ}C$

©COSTIC

Ce calcul des températures d'eau permet de vérifier que l'exigence de chute maximale de température fixée a minima de 5 K (voire jusqu'à 7 K, voir note page 52) est bien satisfaite. A noter que la température minimale d'eau correspond souvent à la température de retour de la boucle la plus éloignée.

**Si la chute maximale obtenue est supérieure à la valeur limite** du fait d'un niveau d'isolation insuffisant, un niveau de calorifugeage plus important est à prévoir, tout particulièrement dans les zones les plus froides, où les déperditions sont les plus élevées.

Si les longueurs des boucles sont importantes, étudier dans ce cas la possibilité d'adopter une architecture de bouclage plus optimale (voir chapitre 2. Le choix de l'architecture du bouclage et 3.3. Les solutions pour limiter les pertes thermiques) ou encore la possibilité de placer la production d'ECS au milieu de la distribution, si ce n'est pas le cas.

S'il n'est pas possible de minimiser plus les pertes thermiques, les débits dans les boucles ayant des températures de retour trop faibles sont à augmenter de manière à satisfaire cette exigence de chute maximale de température.

Pour ces boucles, fixer des débits correspondant à une chute de température au sein de la boucle égale, par exemple, à la moitié de la chute maximale fixée, soit 2,5 K pour une chute de 5 K. Reprendre sur cette nouvelle base la détermination des vitesses, des diamètres et des températures. Procéder de manière itérative jusqu'à obtenir des débits qui permettent de satisfaire l'exigence de chute de température maximale fixée (voir deuxième exemple ci-après).

Si cela conduit à un diamètre de retour supérieur au diamètre du collecteur aller ou bien si cette exigence de chute maximale ne peut être vérifiée, revoir la conception de l'installation.

### Exemple de dimensionnement des circuits de retours de bouclage

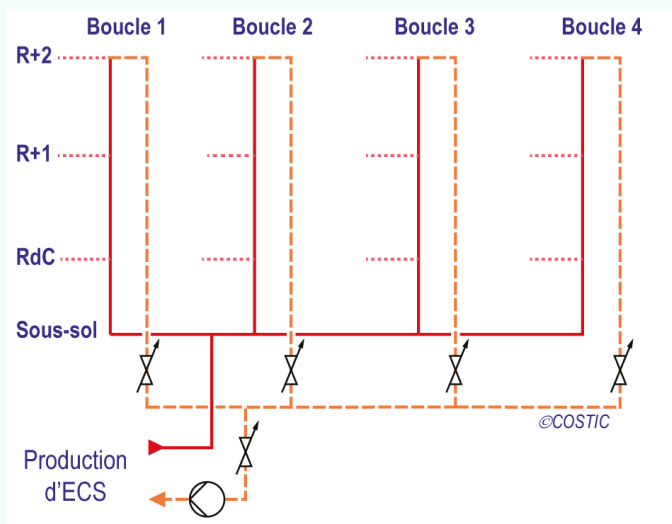
#### Description du cas traité :

- Le même immeuble de 12 logements que précédemment.
- Canalisations en PVC-C, isolation de **classe 4** en laine minérale d'une conductivité de 0,035 W/m.K, avec un revêtement aluminium.
- **Chute maximale de température** fixée entre la sortie de production et le point le plus défavorisé : **5 K** soit une température minimale de bouclage de 55°C, pour un départ à 60°C.
- Températures ambiantes minimales en gaines techniques et en chaufferie de 20°C et en sous-sol de 10°C.

#### Résultat :

**Les épaisseurs de calorifuge** permettant de satisfaire une classe 4 d'isolation ainsi que les coefficients de pertes thermiques correspondants sont déterminés à partir des abaques en annexe 1. Les valeurs ainsi obtenues pour les différents diamètres des canalisations allers et retours rencontrés sont indiqués dans le tableau ci-après.

|  |         |           |           |           |           |
|--|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Diamètre intérieur/extérieur du tube PVC-C</b>              | 31 / 40 | 24,8 / 32 | 19,4 / 25 | 15,4 / 20 | 12,4 / 16 |
| <b>Épaisseur de calorifuge pour une classe 4</b>               | 25 mm   | 25 mm     | 25 mm     | 20 mm     | 20 mm     |
| <b>Coefficient de pertes thermiques correspondant en W/K.m</b> | 0,22    | 0,19      | 0,18      | 0,16      | 0,14      |



**Les pertes thermiques et les températures d'eau pour chaque tronçon** sont calculées comme décrit à la figure précédente.

Par exemple, pour le tronçon 5 bis d'un diamètre 12,4 / 16 mm, d'une longueur de 16 m, parcouru par un débit de 180 l/h, situé au sous-sol (température ambiante de 10°C) présentant un coefficient de pertes thermiques de 0,14 W/m.K et avec une température d'entrée d'eau de 57,5°C :

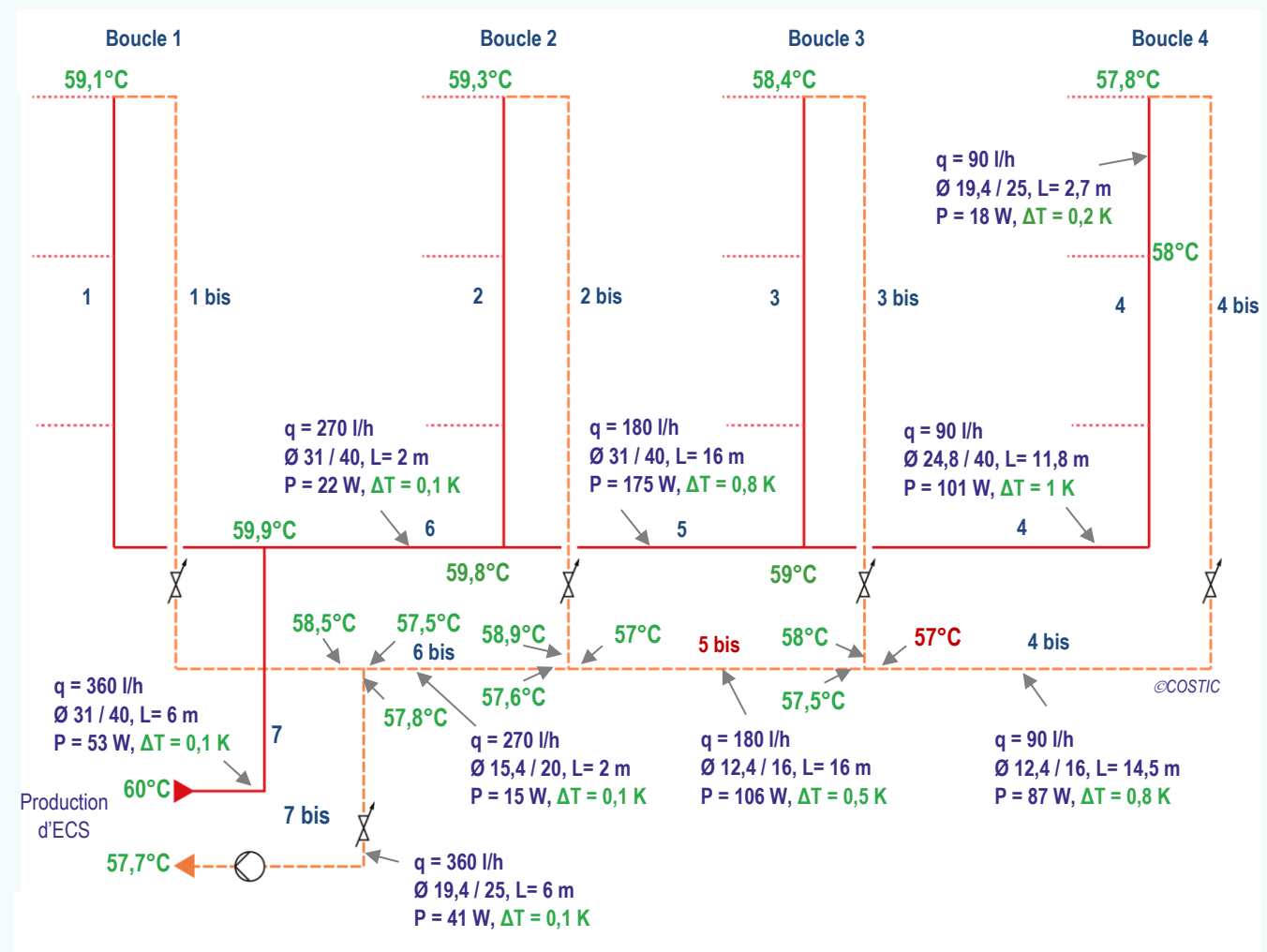
$$\text{Pertés thermiques du tronçon 5 bis} = P_{5b} = k_{5b} \times L_{5b} \times (T_{e5b} - T_{a5b}) = 0,14 \times 16 \times (57,5 - 10) = 106 \text{ W}$$

$$\text{Température en sortie de tronçon 5 bis} = T_{e5b} - P_{5b}/(1,16 \times q_{5b}) = 57,5 - 106 / (1,16 \times 180) = 57,5 - 0,5 = 57 \text{ °C}$$

Pour le tronçon 6 bis, la température à son entrée correspond à la température du mélange entre l'eau provenant des tronçons 5 bis et 2 bis qui sont à des températures en sortie de 57 et 58,9°C. Le débit est de 180 l/h dans le tronçon 5 bis et de 90 l/h dans le tronçon 2 bis.

$$\text{Température en entrée du tronçon 6 bis} = (T_{s5b} q_{5b} + T_{s2b} q_{2b}) / (q_{5b} + q_{2b}) = (57 \times 180 + 58,9 \times 90) / (180 + 90) = 57,6 \text{ °C}$$

Les résultats ainsi obtenus pour le circuit le plus défavorisé sont indiqués sur le schéma ci-après.



**La température minimale** obtenue, sur le retour de la boucle 4, la plus éloignée de la sortie de production est de **57°C**. La chute maximale entre la sortie de production d'ECS et le point le plus défavorisé sur le bouclage est donc de 3 K (60-57°C) ce qui satisfait l'exigence fixée de 5 K maximum (voir note page 52).

A noter que cette température est inférieure à la température de retour au niveau de la production qui est de 57,7°C.

**La perte thermique totale** de ce bouclage est de **1 kW** (0,6 kW sur l'aller et 0,4 kW sur le retour du bouclage). La connaissance de cette valeur ainsi que du débit total de bouclage (0,36 m<sup>3</sup>/h) est une donnée nécessaire pour le dimensionnement du système de production d'ECS.

## Autre exemple

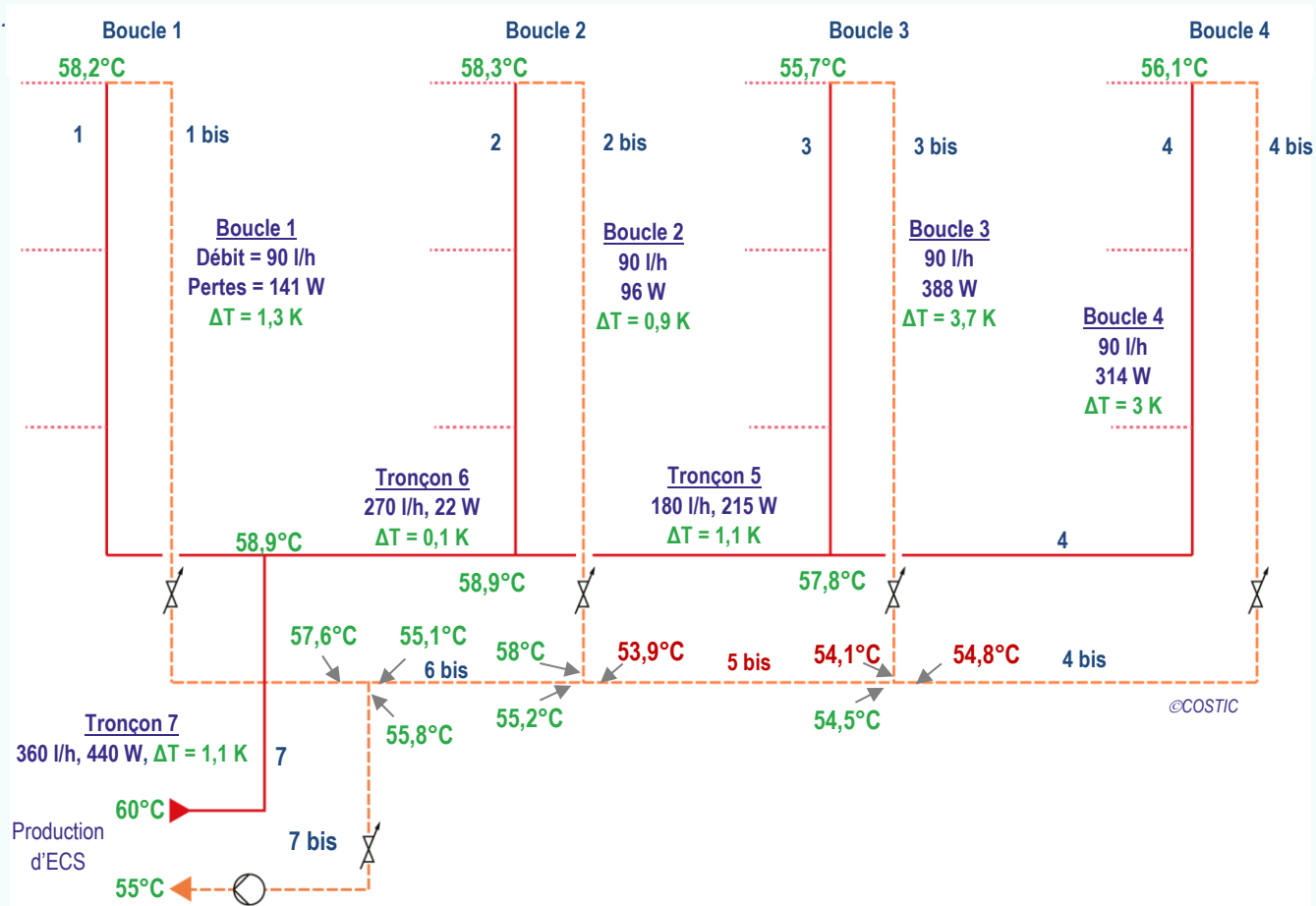
### Description du cas traité :

- **Le même immeuble de 12 logements** que précédemment mais **avec des longueurs plus importantes** (tronçons 7 et 7 bis, 5 et 5 bis, boucles 3 et 4).
- Canalisations en PVC-C, isolation de **classe 4** en laine minérale d'une conductivité de 0,035 W/m.K, avec un revêtement aluminium.
- **Chute maximale de température** fixée entre la sortie de production et le point le plus défavorisé : **5 K** soit une température minimale de bouclage de 55°C, pour un départ à 60°C.
- Températures ambiantes minimales en gaines techniques et en chaufferie de 20°C et en sous-sol de 10°C.

### Résultat :

Les pertes thermiques et les températures d'eau sont déterminées par calcul comme précédemment, avec les mêmes valeurs de débit de 90 l/h dans chaque boucle. Les résultats obtenus sont indiqués figure ci-après.

Les longueurs de distribution plus importantes conduisent à des températures en sortie des **boucles 3 et 4**, de 54,1 et 54,8°C **inférieures à l'exigence de température minimale fixée de 55°C**. Entre l'entrée et la sortie de ces boucles 3 et 4, la chute est de 3,7 et 3 K. La température la plus faible de 53,9°C est obtenue à la sortie du tronçon 5 bis.



Pour obtenir des températures minimales plus élevées en sortie de boucles 3 et 4 et satisfaire ainsi l'exigence fixée, les **débits dans ces boucles sont augmentés**.

Ces nouvelles valeurs de débits sont déterminées en fixant une chute de température entre l'entrée et la sortie de boucle de 2,5 K (la moitié de la chute maximale entre la sortie de production et le point le plus défavorisé) au lieu des 3,7 et 3 K obtenus.

$$\text{Débit boucle 3} = \text{Pertes boucle 3} / (1,16 \times 2,5) = 388 / (1,16 \times 2,5) = 134 \text{ l/h}$$

$$\text{Débit boucle 4} = \text{Pertes boucle 4} / (1,16 \times 2,5) = 314 / (1,16 \times 2,5) = 108 \text{ l/h}$$



Cette augmentation des débits nécessite, dans le **tronçon 5 bis**, de choisir un **diamètre de 15,4 / 20 mm au lieu de 12,4 / 16 mm pour respecter l'exigence de vitesse maximale de 0,5 m/s**. Dans les autres tronçons, les diamètres déjà adoptés permettent bien d'obtenir une vitesse inférieure à 0,5 m/s.

Le nouveau calcul des températures d'eau montre qu'**avec ces nouveaux débits, l'exigence minimale fixée de 55°C est bien respectée** ; la température minimale étant de 55,2°C en sortie du tronçon 5 bis.

Il n'est donc pas nécessaire de modifier à nouveau les débits dans les boucles.

**Les débits adoptés** sont donc de 90 l/h dans la boucle 1 et 2, 134 l/h dans la boucle 3 et 108 l/h dans la boucle 4, soit un débit total de 442 l/h (+17% par rapport au cas précédent, avec un débit total de 360 l/h).

Remarque : **Placer la production d'ECS au milieu de la distribution d'ECS** (au niveau du tronçon 5) permet d'avoir une chute de température entre la production et le point le plus défavorisé plus faible, inférieure à 5 K, sans nécessiter une augmentation des débits des boucles 3 et 4. Les longueurs de distribution (tronçon 7 et 7 bis) sont ainsi plus courtes et les pertes limitées.

#### 4.2.5. Le calcul de l'équilibrage et la détermination du circulateur

Le but de cette dernière étape est de déterminer le circulateur de bouclage et les positions des vannes d'équilibrage à régler pour obtenir les débits calculés dans chaque boucle.

Cette étape consiste successivement à :

- **Déterminer les pertes de charge de l'ensemble du réseau de bouclage** aller et retour pour les débits de bouclage calculés (en l'absence de soutirages). Il s'agit de calculer à la fois les pertes de charge linéiques liées aux frottements du fluide sur les parois des canalisations (voir note ci-après) et les pertes de charge singulières générées par les différents accidents de parcours (coudes, vannes, clapet, production d'ECS, ...).
- **Calculer les pertes de charge à générer par les organes d'équilibrage** placés sur chaque retour de boucles afin de compenser les écarts de perte de charge entre les boucles liées aux différences de longueurs, de diamètres et de débits éventuels et équilibrer ainsi les réseaux.
- **Sélectionner les vannes d'équilibrage** de chaque boucle et déterminer leur position de réglage qui doit correspondre à un passage d'au moins 1 mm. Il est recommandé par ailleurs, que l'organe génère a minima, une perte de charge de 200 mm CE pour obtenir une autorité de réglage suffisante. Si cet organe est équipé de prises de

pression, la perte de charge minimale préconisée dans ce cas est de 300 mmCE pour pouvoir réaliser des mesures de pression différentielle afin de déterminer le débit.

- **Déterminer le circulateur** qui permet de fournir le débit total de bouclage avec une hauteur manométrique correspondant à la perte de charge du circuit le plus défavorisé.
- **Calculer** la position de réglage de la **vanne d'équilibrage** placée sur le collecteur de **retour général** qui permet d'ajuster éventuellement le point de fonctionnement du circulateur et de mesurer le débit.

Cette procédure est présentée plus en détail à travers l'exemple ci-après.

**!** Il est préconisé de **ne pas dépasser une perte de charge totale** du circuit de bouclage le plus défavorisé (circuit de production inclus) de **5 mCE** afin de limiter les variations du débit de bouclage, les déséquilibres entre la pression d'eau froide et d'ECS et les consommations du circulateur.

Il est recommandé, en particulier, de choisir un **échangeur ECS** dans le cas d'une production instantanée ou avec un stockage primaire ayant une **perte de charge de moins de 2 mCE pour le débit maximal de soutirages** (voir remarque ci-après).

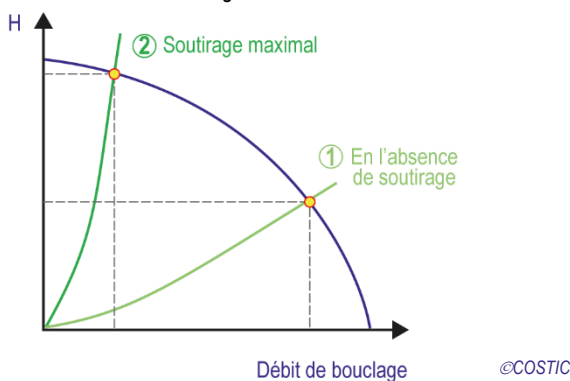
**Remarque :** Comme le montre la figure ci-après, des pertes de charge très élevées de l'échangeur, lors du soutirage maximal ② impliquent une diminution importante du débit de bouclage. Cela peut même aller jusqu'à une annulation voire une inversion de ce débit. C'est pourquoi il est important d'opter pour un échangeur avec une perte de charge ne dépassant pas 2 mCE. Vis-à-vis du risque lié aux légionelles, l'impact des diminutions de débit est d'autant plus faible qu'elles sont peu élevées et par ailleurs peu fréquentes.

Dimensionner le circulateur en tenant compte non plus des pertes de charge en l'absence de soutirages (point de fonctionnement ①) mais pour le soutirage maximal ② conduirait à l'inverse à une augmentation importante du débit de bouclage, en l'absence de puisages. Cela peut engendrer des vitesses élevées générant un risque de corrosion par érosion et de nuisances sonores.

Figure 47

**Il est important de choisir un échangeur avec des pertes de charge limitées, dans le cas d'une production instantanée ou avec un stockage primaire.**

Des pertes de charge élevées de l'échangeur, lors du soutirage maximal, conduisent à une diminution importante du débit de bouclage.



### Note

#### Le calcul des pertes de charge singulières

Les pertes de charge singulières générées par les différents accidents de parcours (coudes, vannes, clapet, production d'ECS, ...) sont à déterminer à partir des documentations des constructeurs.

Le **NF DTU 60.11 P1-2** indique qu'en l'absence de calcul des pertes de charge singulières, les pertes de charge des canalisations calculées sont **majorées d'environ 10%**.

Cette majoration peut permettre de prendre en compte les accidents de parcours tels que les tés, les coudes, les changements de section, les vannes d'arrêt, à condition de ne pas avoir de pertes de charge trop importantes pour ceux-ci, liés notamment à la présence de raccords à sertir.

### Note

#### Le calcul des pertes de charge des canalisations

Les pertes de charge linéiques générées par les frottements de l'eau sur les parois des canalisations (appelées également linéaires, régulières ou réparties) dépendent de la vitesse de l'eau dans les tuyauteries, de leur diamètre, de leur rugosité et de la température d'eau.

La perte de charge linéique ( $\Delta p_l$ ) est obtenue en multipliant le coefficient de perte de charge répartie ( $j$ ) par la longueur de tuyauterie ( $l$ ) :

$$\Delta p_l \text{ [mCE]} = j \text{ [mCE/m]} \times l \text{ [m]}$$

Les NF DTU 60.11 P1-1 et P1-2 donnent des formules de calcul approchées pour déterminer le coefficient de perte de charge répartie ( $j$ ) pour les canalisations d'eau froide et d'eau chaude sanitaire. Ces formules prennent comme hypothèse une rugosité de 0,0001 m **indépendante du matériau de la canalisation afin de prendre en compte les dépôts se formant sur la paroi** après quelques mois d'utilisation.

La formule de calcul pour les canalisations d'ECS indiquée dans ces 2 NF DTU est la suivante :

$$j = 3,8 \times V^{1,896} / D^{1,276}$$

$j$  en m CE/m

$V$ , la vitesse en m/s est égale à :

- Pour un débit  $q$  en l/s :

$$V = q \times 4 \times 1000 / (\pi \times D^2) \approx 1273 \times q / D^2$$

- Pour un débit en  $q$  en l/h :

$$V = q \times 4 \times 1000 / (3600 \times \pi \times D^2) \approx 0,354 \times q / D^2$$

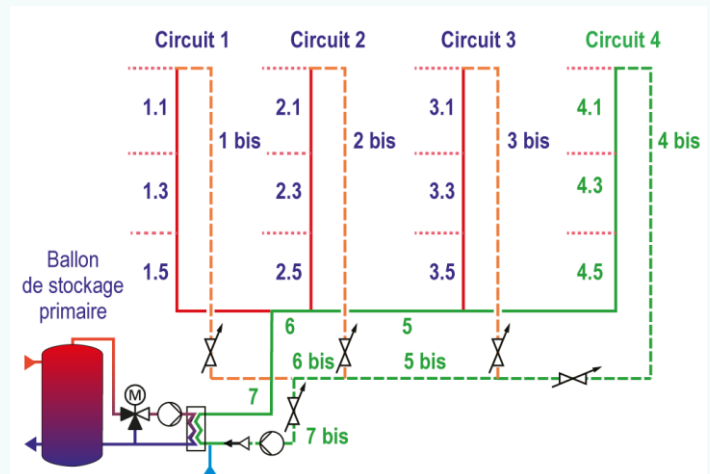
$D$ , le diamètre intérieur en mm

Les valeurs peuvent être obtenues également **directement à partir des abaques** du NF DTU 60.11 P1-1.

## Exemple de calcul d'équilibrage

### Description du cas traité :

- Le même immeuble de 12 logements que précédemment.
- Production d'ECS par échangeur à plaques avec un stockage primaire.
- Pertes de charge de l'échangeur pour le débit total de bouclage de 360 l/h : 11 mmCE (1 mCE pour le débit maximal de 3 500 l/h)
- Pertes de charge du clapet de non-retour pour le débit total de bouclage de 360 l/h : 50 mmCE



### Résultat :

#### Calcul des pertes de charge de l'ensemble du réseau aller et retour, production d'ECS incluse.

Les calculs sont réalisés tronçon par tronçon.

**Les pertes de charge linéiques** sont déterminées en fonction des débits, diamètres et longueurs des canalisations, à partir de la formule de calcul du NF DTU 60.11 P1-1 (voir note ci-avant).

Par exemple, pour le circuit aller de la boucle 1 (tronçons 1.1, 1.3, 1.5) dont le diamètre intérieur est de 19,4 mm (D), la longueur de 10,5 m (L), parcouru par un débit de bouclage de 90 l/h (q),

- la vitesse est de :  

$$V = 0,354 \times q / D^2 = 0,354 \times 90 / 19,4^2 = 0,08 \text{ m/s}$$
- la valeur de j de :  

$$j = 3,8 \times V^{1,896} / D^{1,276} = 3,8 \times 0,08^{1,896} / 19,4^{1,276} = 0,0007 \text{ mCE/m} = 0,7 \text{ mmCE/m}$$
- et la perte de charge linéique de :  

$$j \times L = 0,7 \times 10,5 = 7 \text{ mmCE}$$

**Pour les singularités**, les pertes de charge liées aux changements de parcours et aux vannes d'arrêt sont considérées égales à 10% des pertes de charge linéique, à défaut de calcul. A ces valeurs sont ajoutées les pertes de charge engendrées par la production d'ECS et le clapet non-retour, déterminées à partir des documentations du constructeur (valeurs indiquées ci-avant dans la description du cas traité).

Le tableau ci-après récapitule l'ensemble des pertes de charge obtenues pour les 4 circuits, production d'ECS incluse.

| Circuits et tronçons desservis |  | Pertes de charge en mmCE |             |         |
|--------------------------------|--|--------------------------|-------------|---------|
|                                |  | Linéiques                | Singulières | Totales |
| 1                              | Aller : 7+1.5 + 1.3 + 1.1              | 15                       | 12          | 239     |
|                                | Retour : 7 bis + 1 bis                 | 147                      | 65          |         |
| 2                              | Aller : 7+6+ 2.5+2.3 + 2.1             | 10                       | 12          | 254     |
|                                | Retour : 7bis + 6 bis + 2 bis          | 166                      | 67          |         |
| 3                              | Aller : 7+6+5+3.5+3.3+3.1              | 15                       | 12          | 765     |
|                                | Retour : 7 bis + 6 bis + 5 bis + 3 bis | 626                      | 113         |         |
| 4                              | Aller : 7+6+5+4.5+4.3+4.1              | 16                       | 12          | 826     |
|                                | Retour : 7bis+6bis+5bis +4bis          | 680                      | 118         |         |

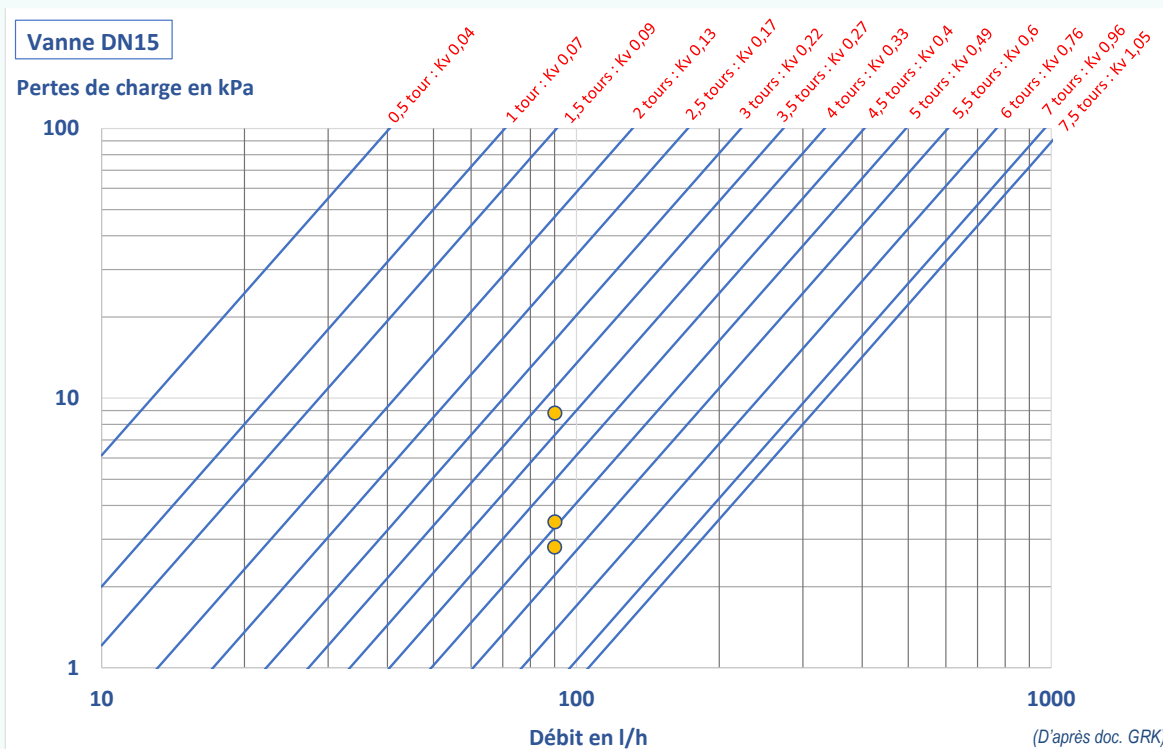
### Calcul des pertes de charge à assurer par les organes d'équilibrage

Sur le circuit 4 le plus défavorisé, une vanne d'équilibrage est installée afin de permettre de réaliser des mesures de débit.

La perte de charge à créer par cette vanne traversée par le débit de bouclage de 90 l/h est prise égale à la valeur minimale de 0,3 mCE soit 2,9 kPa ( $0,3 \times 9,81$ ) pour permettre de réaliser ces mesures de débit.

La position de réglage de cette vanne en DN15 déterminée à partir de l'abaque du constructeur pour le modèle de vanne sélectionné est d'environ 5,2 tours. Cela correspond à une ouverture d'environ 5,2 mm soit supérieure à l'exigence minimale de 1 mm.

La perte de charge de ce circuit le plus défavorisé, vanne d'équilibrage incluse est donc de 1 126 mCE (826 + 300 mmCE).



| Vanne DN15               | Nombre de tours | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hauteur de passage en mm |                 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

Sur le circuit 3, la perte de charge à ajouter correspond à l'écart de perte de charge entre le circuit le plus défavorisé, vanne d'équilibrage incluse et le circuit 3, soit  $1\ 126 - 765 = 361$  mmCE soit 3,5 kPa.

La position de réglage de la vanne sur le circuit 3, traversée par un débit est de 90 l/h, est donc de 4,8 tours et l'ouverture de 4,8 mm.

Des calculs similaires sont réalisés pour le circuit 1 et 2. Les résultats sont récapitulés dans le tableau ci-après.

| Circuits desservis | Débit en l/h | Pertes de charge du circuit en mmCE | Pertes de charge à ajouter en |     | Kv en m <sup>3</sup> /h sous 1 bar | Position de la vanne d'équilibrage | Passage d'ouverture de la vanne en mm |
|--------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------|-----|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
|                    |              |                                     | mmCE                          | kPa |                                    |                                    |                                       |
| 1                  | 90           | 239                                 | 887                           | 8,7 | 0,30                               | 3,8                                | 3,8                                   |
| 2                  | 90           | 254                                 | 872                           | 8,6 | 0,30                               | 3,9                                | 3,9                                   |
| 3                  | 90           | 765                                 | 361                           | 3,5 | 0,47                               | 4,8                                | 4,8                                   |
| 4                  | 90           | 826                                 | 300                           | 2,9 | 0,52                               | 5,2                                | 5,2                                   |

### Détermination du circulateur et de la vanne d'équilibrage sur le collecteur général des retours

La gamme de circulateur choisie est à **haut rendement** afin de limiter les consommations.

Une vanne avec la perte de charge minimale de 0,3 mCE est ajoutée sur le collecteur général pour pouvoir procéder sur site à des réglages et mesures de débit éventuels.

Le modèle de circulateur est déterminé pour fournir le débit total soit 0,36 m<sup>3</sup>/h avec une hauteur manométrique correspondant à la perte de charge du circuit le plus défavorisé en l'absence de soutirages soit 1,42 mCE (1 126 + 300 mmCE).

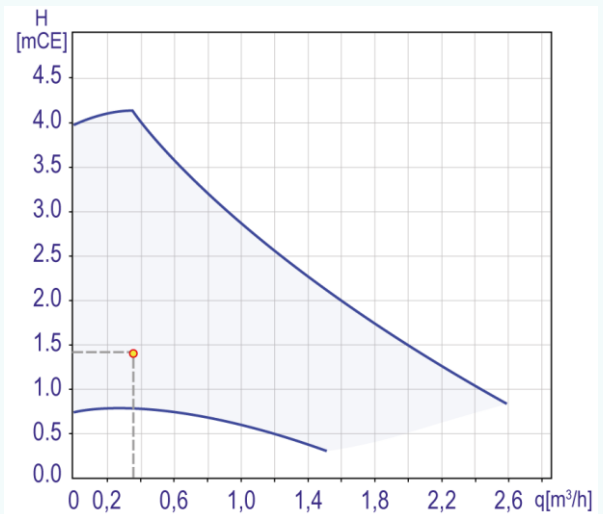
Sa puissance absorbée pour ce point de fonctionnement est d'environ 7 W.

**NB : Ne pas régler** les circulateurs de bouclage à vitesse variable **en mode de régulation « Pression constante » ou « Pression variable »** car cela accentue la diminution des débits de bouclage lors des soutirages (voir chapitre 5.2).

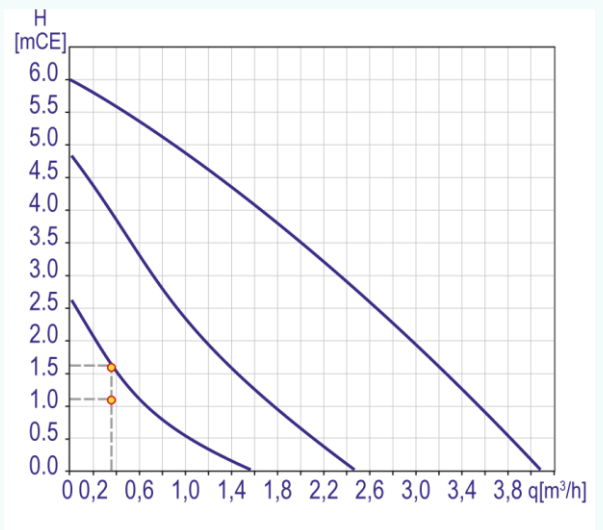
**Avec un circulateur non à haut rendement**, tel que celui sélectionné ci-contre, la puissance absorbée pour le point de fonctionnement est de l'ordre de 40 W soit presque 6 fois plus élevée.

A noter que le coût de ce circulateur est similaire au précédent.

La vanne d'équilibrage sur le collecteur général doit dans ce cas créer une perte de charge de 0,50 mCE (1,6-1,1 mCE) pour permettre d'obtenir le point de fonctionnement souhaité.



©COSTIC



**La détermination de la vanne d'équilibrage sur le collecteur général (tronçon 7 bis) et de sa position de réglage est réalisée à partir du calcul du Kv, autre possibilité offerte en plus de l'usage d'un abaque.**

La perte de charge à créer par cette vanne pour le débit total de bouclage de 0,36 m<sup>3</sup>/h est de 0,5 mCE ce qui correspond à un Kv de 1,6 m<sup>3</sup>/h sous 1 bar.

$$K_v = \frac{q \text{ [m}^3\text{/h]}}{\sqrt{0,1 \cdot \Delta p \text{ [mCE]}}} = \frac{0,36}{\sqrt{0,1 \cdot 0,5}} = 1,6 \text{ m}^3\text{/h sous 1 bar}$$

D'après le tableau de caractéristique des vannes d'équilibrage sélectionnées, une vanne en DN20 est choisie avec une position de réglage d'environ 4,5 tours correspondant à une hauteur de passage de 6,75 mm.

| Vanne DN 20                             |      |      |      |      |      |      |      |      |             |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Kv en m<sup>3</sup>/h sous 1 bar</b> | 0,16 | 0,24 | 0,34 | 0,48 | 0,63 | 0,81 | 1,07 | 1,35 | <b>1,65</b> | 1,99 | 2,34 | 2,66 | 2,94 | 3,33 | 3,63 | 3,79 | 3,96 |
| <b>Position de réglage</b>              | 0,5  | 1    | 1,5  | 2    | 2,5  | 3    | 3,5  | 4    | <b>4,5</b>  | 5    | 5,5  | 6    | 6,5  | 7    | 7,5  | 8    | 8,5  |
| <b>Hauteur de passage en mm</b>         | 0,75 | 1,5  | 2,25 | 3    | 3,75 | 4,5  | 5,25 | 6    | <b>6,75</b> | 7,5  | 8,25 | 9    | 9,75 | 10,5 | 11,3 | 12   | 12,8 |



## 5. LE CHOIX DES MATERIAUX ET LES EQUIPEMENTS A PREVOIR

Ce chapitre traite du choix des matériaux de distribution et des équipements sur le bouclage :

- Des canalisations (page 67)
- Du circulateur (page 69).
- Du mitigeur thermostatique (page 72).
- Des organes d'équilibrage (page 77).
- Des appareils de dégazage (page 81).
- Des équipements de contrôle :
  - Des organes de mesures de températures (page 86)
  - Des dispositifs de contrôle de débit (page 89)
  - Des prises d'eau (page 92)
  - Des tubes témoins (page 93)
- Des vannes de vidanges, d'arrêt et des points d'injection pour des désinfections (page 93)

**Sur un plan réglementaire**, les tubes, les équipements et accessoires (vannes, circulateurs, ...) utilisés pour la réalisation du bouclage doivent respecter les exigences d'innocuité imposées aux matériaux et objets en contact avec les eaux destinées à la consommation humaine (l'ECS étant considérée comme une eau destinée à la consommation humaine). Ils ne doivent pas présenter un danger pour la santé humaine ou entraîner une altération de la composition de l'eau.

Les dispositions à respecter pour cela, ainsi que les preuves de conformité à ces exigences, diffèrent selon les matériaux :

- **Les tubes** constitués uniquement de matériaux **métalliques** (tubes cuivre, inox, ...) doivent respecter les règles de composition fixées dans l'arrêté du 25 juin 2020.
- **Les tubes plastiques** (tubes PE-X, multicouche, PVC-C, ...) ainsi que les **accessoires** constitués d'au moins un composant organique en contact avec l'eau (circulateur, vanne, raccord, clapet, purgeur, ...) doivent bénéficier d'une attestation de conformité sanitaire (ACS).

Les **ACS** reposent sur la vérification de :

- La conformité de la formulation du matériau ou de l'objet aux listes positives de référence.
- La conformité des résultats d'essais de migration vis-à-vis de critères d'acceptabilité concernant des paramètres organoleptiques, physico-chimiques, minéraux et de cytotoxicité.
- **Les colles** pour l'assemblage des tubes (tubes PVC-C, ...), **la pâte d'étanchéité** utilisée par exemple pour la réalisation des joints en filasse doivent disposer d'un certificat de conformité aux listes positives (**CLP**). Ce certificat repose uniquement sur le respect de la conformité de la formulation du matériau ou de l'objet aux listes positives de référence.

Figure 48

**La preuve de conformité sanitaire des tubes, équipements et accessoires en contact avec l'eau diffère selon les matériaux.**

| Groupe de matériaux et objets   |   | Nature de la preuve de conformité sanitaire   |
|---|---|---|
| <b>Matériaux et objets constitués uniquement de matière métallique</b> (tubes métalliques, ...)   |   | Déclaration sur l'honneur de conformité par le responsable de la mise sur le marché |
| <b>Matériaux et objets constitués de matière organique</b>  | Matériaux ou objets monomatériau, multicouches et composites                              | ACS*  |
|   | Adhésifs (colles), lubrifiants (graisses et huiles), joints de diamètre inférieur à 63 mm | CLP*  |
| <b>Produits assemblés ou accessoires constitués de plusieurs composants dont au moins un composant organique</b> entrant en contact avec l'eau (circulateur, vanne, clapet, purgeur, ...) |   | ACS*  |

\* ACS : attestation de conformité sanitaire

CLP : certificat de conformité aux listes positives

Les ACS et CLP sont délivrés par un laboratoire habilité par le ministre chargé de la santé.



Les **opérateurs** intervenant dans la réalisation d'un nouveau réseau de bouclage ou la rénovation de celui-ci

doivent s'assurer auprès de leur fournisseur, avant la mise en œuvre, que les tubes, équipements et accessoires (circulateur, vanne, raccord, clapet, purgeur, ...) installés bénéficient bien des **preuves de conformité sanitaire**.

De même, la **personne responsable des réseaux intérieurs** doit également s'assurer de cette conformité sanitaire pour les installations nouvelles ou les parties rénovées.

N.B : **La certification NF** inclut la vérification de l'obtention d'une ACS.

Avec l'application de la nouvelle directive européenne 2020/2184 du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, ces preuves de conformité sanitaire vont être modifiées.

## 5.1. Les canalisations

Les questions traitées dans ce chapitre sont les suivantes :

- Quels matériaux pour les canalisations de bouclage d'ECS ? (ci-après)
- Quelles sont les principales contraintes de chacun de ces matériaux ? (page 68)
- Y-a-t-il des différences entre matériaux vis-à-vis des développements bactériens ? (page 69)

### Quels matériaux pour le bouclage d'ECS ?

Les principaux matériaux des canalisations utilisés actuellement pour la réalisation des réseaux bouclés sont :

- **Le PVC-C** (Polychlorure de vinyle chloré), à ne pas confondre avec le PVC pression (PVC-U) destiné uniquement aux réseaux d'eau froide.
- **Le multicouche** constitué d'un tube extérieur et intérieur en polyéthylène réticulé (PE-X) et d'une âme en aluminium permettant de réduire notablement la dilatation.

- **Le cuivre.**
- **L'acier inoxydable AISI 316 L.**

Par rapport au NF DTU 60.1, les tubes en cuivre, en acier inoxydable AISI 316 L, qui respectent les critères de choix des matériaux de ce DTU, et plus récemment le multicouche, avec l'amendement 1 de décembre 2019 de ce DTU, sont reconnus comme des produits **traditionnels** en plomberie.

Figure 49

**L'usage de l'acier galvanisé pour la réalisation de distributions d'ECS est à proscrire.**

Exemple de canalisation en acier galvanisé corrodée



©COSTIC



L'utilisation de canalisations en **acier galvanisé** pour la réalisation de distributions d'ECS, bien que toujours permise par le NF DTU 60.1, est **à proscrire** compte tenu des nombreux problèmes de corrosion rencontrés, notamment pour des températures d'ECS supérieures à 60°C et dans le cas d'une désinfection par chloration.

Les tubes et raccords en acier galvanisé ont été **mis en observation par la Commission Prévention Produits Mise en Œuvre (C2P)** de l'Agence Qualité Construction (AQC) à cause des sinistres provoqués par la corrosion due notamment à la mauvaise qualité des aciers et de leur galvanisation. Cette mise en observation ne concerne pas les produits bénéficiant de la certification NF TRG.



Il ne suffit pas qu'un matériau soit résistant aux températures et aux pressions de service de distribution d'ECS pour pouvoir être utilisé pour le bouclage. Il doit pouvoir également supporter la **désinfection par produit chimique** (chlore, peroxyde notamment) réalisée lors de la mise en service ou vis-à-vis du risque légionelle ainsi que la **désinfection thermique** telles que définies dans la circulaire DGS/SD7A/SD5C/ DHOS/E4 n°2002/243 du 22 avril 2002.

C'est pourquoi, il est recommandé d'interroger les fabricants sur le **domaine d'emploi** de leurs matériaux concernant leur comportement avec les produits de désinfection en température et en pression (**pression, température, concentration des produits de désinfection et temps de contact**).

A noter qu'**aucun degré de résistance au feu** n'est exigé pour les conduites d'eau en charge par l'arrêté du 25 juin 1980 modifié concernant les ERP.

### Quelles sont les principales contraintes de chacun de ces matériaux ?

Les principales contraintes et normes liées à chacun de ces matériaux sont récapitulées dans le tableau ci-après.

#### Note

##### Les raccords à sertir



Ces dernières années, l'assemblage des tubes par des raccords à sertir s'est beaucoup développé, y compris pour les matériaux métalliques (cuivre, acier inoxydable). Ces raccords présentent toutefois comme contraintes, de générer des pertes de charge plus élevées. Ces pertes de charge sont variables d'un produit à l'autre.

Par ailleurs certains matériaux utilisés pour les joints tels que le caoutchouc et l'EPDM sont plus promoteurs de développements bactériens.

Figure 50

**Les tubes en matériau plastique, bien qu'exempt de corrosion, peuvent être sujets également à des risques de dégradation.**

Les principales contraintes et normes liées aux différents tubes couramment utilisés pour le bouclage.

| Normes et attestation   | Principales contraintes  |
|---|--|
| <b>Multicouche</b><br>NF DTU 60.1 /A1<br>ACS              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Pas d'interchangeabilité</b> d'un système à l'autre (diamètres, épaisseurs, raccords, profils de sertissage, propres à chaque produit).</li> <li>– <b>Sensibles aux traitements</b> chimiques réalisés vis-à-vis du risque lié aux légionelles. Dégradation prématurée du polyéthylène (fissurations) notamment en présence d'un traitement continu au dioxyde de chlore.</li> <li>– <b>Moins résistant</b> aux températures élevées en pression (*).</li> </ul> |
| <b>PVC-C</b><br>NF EN ISO 15877<br>Avis techniques ACS  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Dilatation</b> à prendre en compte (lyres de dilation ou compensateurs de dilatation à prévoir, ...).</li> <li>– <b>Durée de séchage du collage</b> à respecter (contrainte pour une réparation sur des réseaux en service).</li> <li>– Raccords et tubes non interchangeables d'un produit à l'autre (jeu lié aux tolérances).</li> </ul>   |
| <b>Cuivre</b><br>NF DTU 60.1 et NF DTU 60.5             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Risque d'érosion</b> si les vitesses permanentes sont trop élevées, notamment aux tés et aux raccords.</li> <li>– <b>Risques de corrosion</b> liés à certaines caractéristiques de l'eau (eaux agressives ou corrosives), à la qualité du matériau (cuivre non NF) et à la mise en œuvre (brasage haute température qui déstructure le tube et le fragilise).</li> </ul>   |
| <b>Acier inoxydable (AISI 316 L)</b><br>NF DTU 60.1     | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Risque de corrosion</b> en présence d'un traitement chloré continu. L'inox 316 L est plus résistant à ce risque de corrosion par les chlorures que le 304 L.</li> <li>– <b>Ne peut être cintré</b> ce qui nécessite plus de raccords.</li> </ul>   |

\* Ainsi le NF DTU 60.1 P1-1-3 interdit de raccorder directement les chauffe-eau individuels à des canalisations réalisées en matériaux de synthèse, lorsque les dispositifs de sécurité des chauffe-eau permettent d'atteindre, dans certaines configurations, des températures d'eau supérieures à 80 °C. Il impose, dans ce cas, d'intercaler en sortie d'eau chaude des appareils, une canalisation en cuivre d'une longueur minimale de 50 cm.

## Qu'en est-il vis-à-vis des développements bactériens ?

Les matériaux peuvent **tous** être le support d'un développement bactérien au contact de l'eau potable. Toutefois, d'après les résultats des essais réalisés, certains matériaux conduisent à une formation plus rapide de biofilm, c'est par exemple le cas du polyéthylène comparé à l'inox, le cuivre et le PVC-C.

A long terme, les différences sembleraient néanmoins s'estomper, l'état de surface intervenant également dans la formation du biofilm.

D'après l'**avis de l'ANSES du 19 septembre 2013**, si la mesure de l'aptitude à promouvoir la croissance microbienne peut constituer un critère de classement des matériaux entre eux, la relation entre le résultat de la mesure et l'impact éventuel en situation réelle reste difficile à établir. Aucun critère d'acceptabilité n'a encore été fixé.

## 5.2. Le circulateur

### En bref

Il est recommandé de choisir un circulateur à **haut rendement**, affichant le débit, qui puisse fonctionner à vitesse fixe.

Un **arrêt nocturne** du circulateur de bouclage est **proscrit** y compris en habitat individuel.

Ne pas régler les circulateurs de bouclage à vitesse variable en mode de régulation « **Pression constante** » ou « **Pression variable** » ou en « **Réduit de nuit automatique** » car cela entraîne une diminution des débits de bouclage.

Les questions traitées dans ce chapitre sont les suivantes :

- Quelles sont les obligations réglementaires et para-réglementaires concernant le circulateur de bouclage ? (ci-après)
- Quel circulateur choisir ? (page 70)
- Quels modes de réglage du circulateur sont à proscrire ? (page 71)

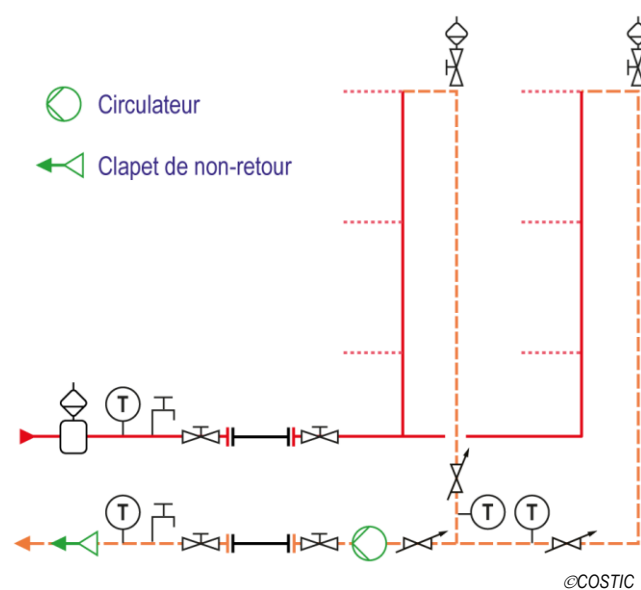
## Quelles sont les obligations réglementaires et para-réglementaires concernant le circulateur de bouclage ?

En aval du circulateur, un **clapet de non-retour** doit être installé comme exigé par le NF DTU 60.11 P1-2 et le NF DTU 60.1 P1-1-1.

Figure 51

### Un clapet de non-retour est à placer en aval du circulateur.

Ce clapet de non-retour doit être situé en aval du circulateur et du tube témoins sur le retour du bouclage. Par ailleurs, le circulateur ainsi que ce clapet doivent être facilement accessibles et démontables, comme le spécifie le NF DTU 60.1 P1-1-1. Ces deux organes doivent également bénéficier d'une ACS.



**!** La programmation d'arrêts nocturnes ou durant la journée du circulateur de bouclage est **proscrite** par l'arrêté du 23 juin 1978 modifié, vis-à-vis du risque lié aux légionelles, y compris en habitat individuel (voir chapitre 1).

La **détermination du circulateur** doit être réalisée selon les exigences du NF DTU 60.11 P1-2 portant sur le dimensionnement des réseaux bouclés (voir chapitre 4.2.1.).



Le débit du circulateur doit être calculé de manière à avoir des vitesses minimales de circulation d'au moins 0,2 m/s dans les canalisations de retours de bouclage et une température en tout point du bouclage d'au moins 50°C.

La hauteur manométrique du circulateur doit prendre en compte :

- La perte de charge du circuit le plus défavorisé.
- La perte de charge du système de production d'ECS.
- Les pertes de charge singulières, en particulier celle du clapet de non-retour en aval du circulateur.

Ces calculs sont réalisés en l'absence de soutirages.

En outre, un dispositif permettant de **vérifier le débit** en retour de bouclage est imposé par le NF DTU 60.1 P1-1-1 (voir chapitre 5.6.2.).

L'utilisation d'un circulateur de bouclage à **haut rendement** n'est pas exigée réglementairement. Les exigences d'efficacité énergétique imposées aux circulateurs à rotor noyé, dans le cadre de la directive européenne d'écoconception, par le règlement CE n°641/2009 amendé par le règlement UE n°622/2012 ne s'appliquent pas aux circulateurs pour les eaux destinées à la consommation humaine.

Toutefois, l'adoption d'un circulateur à haut rendement pour le bouclage est valorisée par la réglementation thermique.

Comme tout accessoire en contact avec l'ECS, les circulateurs de bouclage et les clapets de non-retour doivent disposer d'une attestation de conformité sanitaire (**ACS**) prouvant du respect des exigences d'innocuité des matériaux dont ils sont constitués par rapport à l'eau.

## Quel circulateur choisir ?

Un circulateur à **haut rendement**, **affichant le débit**, est à privilégier pour :

- Limiter les consommations énergétiques (voir exemple figure ci-après) même si cela n'est pas imposé par la directive d'écoconception.
- Permettre un contrôle aisé du débit de retour de bouclage. Sur les modèles de circulateur communicant, la valeur de débit et de température au niveau du circulateur peut également être suivie à distance.

Figure 52

### L'utilisation d'un circulateur de bouclage à haut rendement permet de réduire notablement les puissances électriques absorbées.

Exemple pour l'immeuble de référence de 12 logements, la puissance électrique absorbée pour le point nominal de fonctionnement est presque 6 fois plus élevée pour le circulateur « traditionnel » de bouclage que pour le circulateur à haut rendement (voir chapitre 4.2.5).

A noter également que la plupart des modèles de circulateur à haut rendement permettent d'afficher la valeur du débit les traversant et de contrôler ainsi aisément le débit de retour de bouclage.

#### Circulateur « traditionnel » à moteur asynchrone



©COSTIC

#### Circulateur à haut rendement à moteur synchrone



©COSTIC

Puissance absorbée par le circulateur de bouclage pour l'immeuble de référence de 12 logements

**40 W**

**7 W**



Le circulateur de bouclage choisi doit pouvoir fonctionner à **vitesse fixe**.

Tous les modèles de circulateurs à vitesse variable ne le permettent pas (mode « courbe constante »).



## Quels modes de réglage du circulateur sont à proscrire ?

Sont à proscrire :

- **La programmation d'arrêts nocturnes ou durant la journée** du circulateur de bouclage, y compris en habitat individuel. Cette programmation est proscrite par l'arrêté du 23 juin 1978 modifié, vis-à-vis du risque lié aux légionelles (voir chapitre 1).
- Le mode de régulation « **Pression constante** » ou « **Pression variable** » des circulateurs à vitesse variable. Comme le montre la figure ci-après, cela conduit à une diminution encore plus importante des débits de bouclage lors des soutirages. Cela va à l'encontre de l'objectif recherché, vis-à-vis de la prévention du risque lié aux légionelles, qui est de limiter le plus possible les diminutions des débits de bouclage.
- Le régime de **réduit de nuit automatique**. Ce régime destiné aux installations de chauffage est à désactiver impérativement car il conduit également à une diminution des débits de bouclage.



**Ne pas régler** les circulateurs de bouclage à vitesse variable en mode de régulation « **Pression constante** » ou « **Pression variable** », **ni programmer** d'arrêt ou de réduit de nuit.

Figure 53

## Les circulateurs de bouclage à vitesse variable ne doivent pas être réglés en mode « pression constante » ou « pression variable »

Exemple de diminution du débit de bouclage obtenue lors d'un fort soutirage, dans le cas d'une production d'ECS par échangeur avec un stockage primaire, pour un circulateur à vitesse variable fonctionnant à pression différentielle constante, proportionnelle ou à vitesse fixe.

Avec ces deux premiers modes de fonctionnement, la diminution des débits est encore plus importante, c'est pourquoi ils ne doivent pas être sélectionnés.

Il importe également d'opter pour échangeur avec une faible perte de charge pour limiter la diminution du débit (voir chapitre 4.1.4 et 4.2.5.)

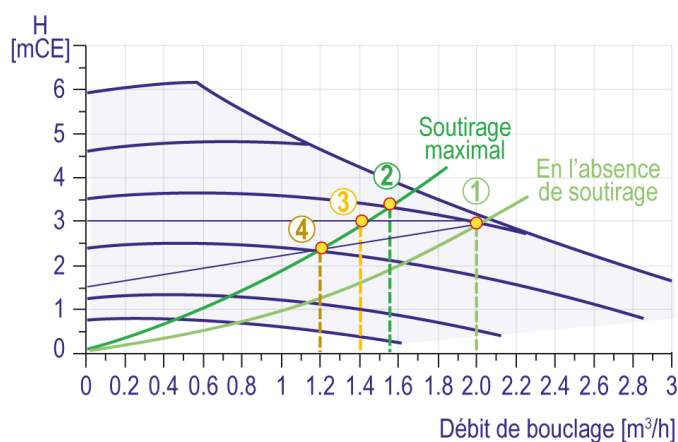
Points de fonctionnement :

① déterminé en l'absence de soutirages

Lors du soutirage maximal ② à vitesse constante

pour un réglage : ③ à pression différentielle constante

④ à pression différentielle variable



©COSTIC

### 5.3. Un mitigeur ou non ?

#### En bref

L'ajout d'un mitigeur thermostatique ou d'une vanne à trois voies motorisée au départ de bouclage présente comme intérêt :

- un gain énergétique,
- une limitation du risque de brûlures et de dégradation éventuelle des matériaux.

A contrario, vis-à-vis du risque lié aux légionelles, dans les circulaires relatives à la prévention de ce risque dans les établissements de santé, les EHPAD et les ERP, il est indiqué de mitiger le plus près possible des points de puisages. La note d'information DGCS/SPA/DGS / EA4/ 2019/38 du 15 février 2019 sur les mesures de prévention des brûlures et de la légionellose au sein des établissements médico-sociaux d'hébergement pour personnes âgées et handicapées proscrit le recours au mitigeage centralisé dans ces établissements.

Les questions traitées dans ce chapitre sont les suivantes :


- Quel est l'intérêt d'installer un mitigeur thermostatique ou une vanne à trois voies motorisée au départ du bouclage ? (ci-après)
- Quelles sont les contraintes ? (page 75)
- Quel impact vis-à-vis des risques sanitaires ? (page 76)
- Qu'en est-il d'un point de vue réglementaire ? (page 76)

#### Quel est l'intérêt de ces organes ?

Les mitigeurs thermostatiques ou vannes à trois voies motorisées installées au départ du bouclage permettent :

- Une réduction des pertes thermiques du bouclage d'environ une dizaine de pourcents, en limitant la température au départ de la boucle à 55°C, tout en assurant une température minimale de 50°C en tout point de la boucle, pour une consigne de production de 60°C.

- Une limitation du risque de brûlures et de dégradation éventuelle des matériaux en aval, tout particulièrement dans le cas d'une production d'ECS portée à des températures élevées ; par exemple :
  - En cas de surchauffe sur les systèmes de production d'ECS solaires. Ce risque de distribution à températures élevées est toutefois limité par le retour du bouclage au sein du ballon d'appoint qui génère un abaissement des températures.
  - Lors de chocs thermiques réalisés uniquement au niveau du stockage d'ECS.
  - Dans le cas de stockage d'ECS à hautes températures.

 Procéder régulièrement à des chocs thermiques, au niveau de la production d'ECS, de manière préventive est à proscrire. Cela conduit à :

- Des risques de brûlures en cas de défaillance des mitigeurs thermostatiques ou des vannes à trois voies installées au départ du bouclage.
- Une dégradation plus rapide des matériaux et un entartage plus important favorisant ainsi la création de nouveaux gîtes favorables à la prolifération des légionelles.
- Des consommations énergétiques plus importantes.

Les chocs thermiques décrits dans les circulaires (circulaire DGS/SD7A/SD5C/DHOS /E4 n°2002/243 du 22 avril 2002, ...) portant l'ensemble de l'ECS à au moins 70°C pendant 30 minutes minimum sont une mesure curative vis-à-vis du risque lié aux légionelles.

La note d'information DGS/EA4 n°2014-167 du 23 mai 2014 attire l'attention sur le fait que c'est une procédure souvent inefficace, surtout à moyen terme.

Les mitigeurs thermostatiques ou vannes à trois voies motorisées permettent également :

- **Un écrêtage des variations de température** en sortie de production d'ECS dues à la variabilité des débits d'ECS soutirés ; variations plus marquées en présence d'un échangeur à plaques pour une production instantanée ou avec un stockage primaire.

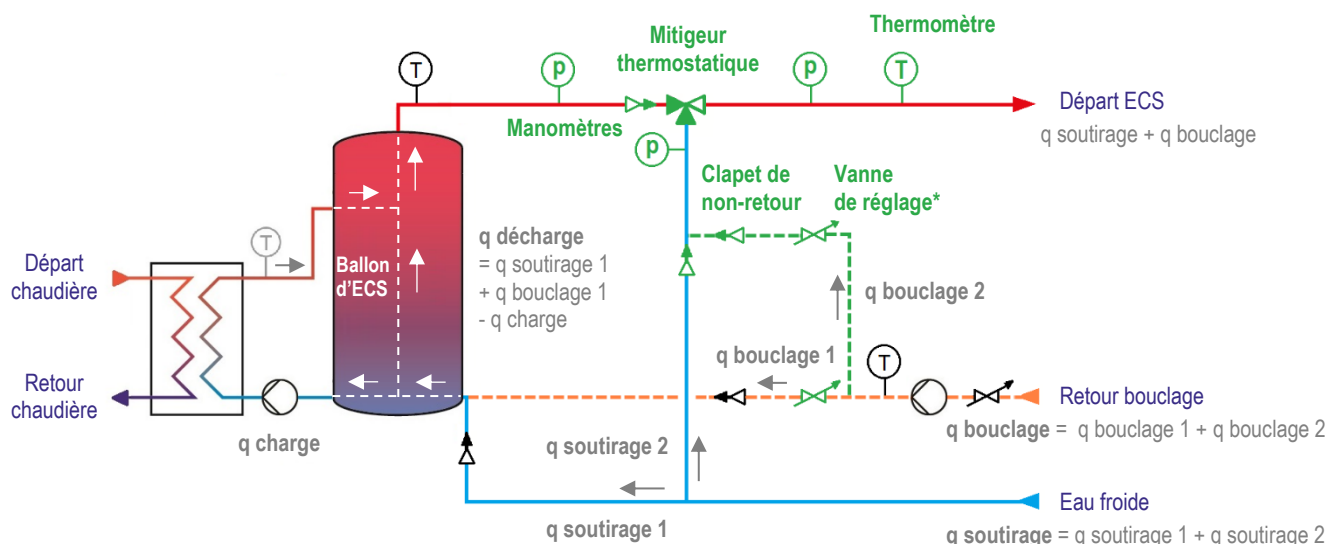
- **Une réduction des débits et des températures de retour** de bouclage à l'entrée de la production d'ECS. Cela conduit, dans certains cas, à une diminution des débits de décharge du stockage d'ECS et à des températures de retour vers les chaudières à condensation, plus basses, a fortiori (voir figure ci-après).

Figure 54

### L'ajout d'un mitigeur thermostatique au départ du bouclage engendre une diminution des débits et des températures de retour de bouclage à l'entrée de la production d'ECS.

Exemple de configuration avec un mitigeur thermostatique (ou une vanne à trois voies motorisée) au départ du bouclage réglé à 55°C avec une production à 60°C. Sur le schéma sont indiquées les valeurs de débit lors de la décharge du stockage d'ECS pour des débits de soutirages importants.

L'ajout d'un mitigeur engendre une diminution des températures et des débits de bouclage à l'entrée du ballon par rapport au même cas sans mitigeur, le débit de soutirages entrant dans le ballon étant identique dans les deux cas. Cela conduit à un débit de décharge du stockage ECS plus faible ainsi qu'à une température à l'entrée de ballon, de l'échangeur et de la chaudière moins élevée pour une puissance échangeur et un débit de charge identiques.



\* Les vannes d'arrêt ne sont pas représentées.

Les vannes de réglage sur les retours de bouclage 1 et 2 peuvent être ou non imposées par les constructeurs pour le bon fonctionnement de leur appareil. q correspond aux débits, par exemple q décharge correspond au débit de décharge du ballon de stockage ECS.

©COSTIC

### Quelles sont les contraintes ?

Différentes contraintes liées aux mitigeurs thermostatiques ou vannes à trois voies motorisées en départ du bouclage sont à prendre en compte :

- L'équipement doit être choisi en fonction des **débits nominaux** instantanés, des **pressions** sur l'eau froide et sur l'ECS et de ses **pertes de charge** qui doivent être les plus limitées possible.

Plus ses pertes de charge sont élevées, plus elles génèrent :

- un déséquilibre entre la pression d'eau froide et d'ECS aux points de puisages.
- une diminution des débits de bouclage lors des forts soutirages.
- un risque de mauvais fonctionnement de cet équipement.

Ses pertes de charge ne doivent pas non plus être trop faibles pour obtenir une **autorité** de réglage suffisante. Elles doivent être égale au moins à la moitié des pertes de charge générées par la production d'ECS pour avoir une autorité minimale de 0,33.



Il est très important de **limiter le plus possible les pertes de charge** engendrées par le mitigeur thermostatique ou la vanne à trois voies motorisée. Cela peut conduire à sélectionner un modèle dont le diamètre est supérieur à celui de la canalisation.

Il est important également de **tenir compte des pertes de charge** générées par ces appareils et par les accessoires liés à ceux-ci (clapets de non-retour et vannes d'équilibrage éventuelles) pour le **dimensionnement du circulateur de bouclage**.

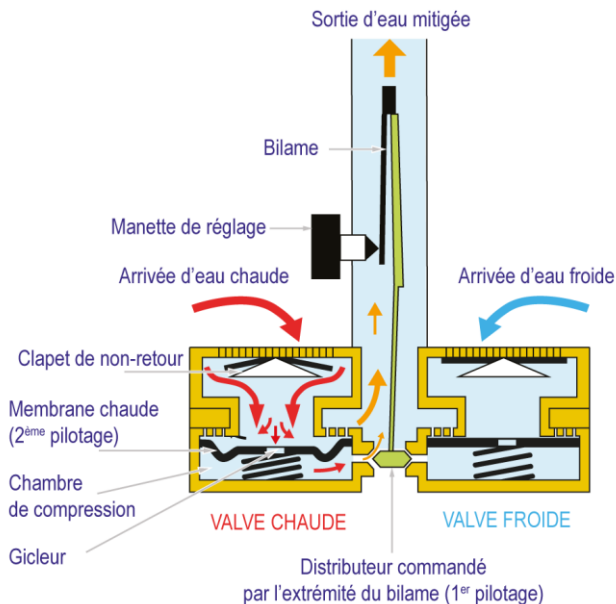
En l'absence de soutirages d'ECS, la pression en sortie de ce circulateur doit être suffisante de manière à permettre le passage des débits souhaités à travers le mitigeur.

- Cet équipement doit également satisfaire différentes exigences :
  - **Son débit minimal** doit être inférieur ou égal au débit de bouclage.
  - **Son temps de réaction** doit être de l'ordre de la seconde compte-tenu des variations très rapides des débits de soutirages.
  - **Sa précision de réglage** doit être de l'ordre de 1K.
  - **L'écart maximal entre la pression d'eau froide et d'ECS** qu'est capable de compenser cet organe doit être supérieur à l'écart maximal qui peut être rencontré sur l'installation. Cet écart est plus important en présence d'un échangeur à plaques pour une production instantanée ou avec un stockage primaire qui génère de plus grandes pertes de charge.
- **La différence minimale de température entre l'entrée d'ECS et la sortie mitigée** requise par cet organe doit être a minima de 5 K, si l'on souhaite avoir un départ de distribution à 55°C avec une production d'ECS à 60°C.
- **Sa température d'ECS maximale** de fonctionnement doit être supérieure à la valeur maximale qui peut être rencontrée sur l'installation, notamment lors d'une désinfection par choc thermique.
- Cet organe ainsi que ses accessoires doivent disposer d'une attestation de conformité sanitaire (**ACS**).
- **Le retour de bouclage** doit impérativement être également raccordé sur l'arrivée d'eau froide de cet organe pour pouvoir maintenir la température désirée (voir figure ci-avant). En l'absence de soutirages d'ECS et donc d'introduction d'eau froide, c'est l'eau provenant du retour de bouclage qui est mélangée à l'ECS en sortie de production pour limiter la température en départ de bouclage. Certains constructeurs imposent pour le bon fonctionnement de leur appareil, des vannes d'équilibrage sur ces retours de bouclage (voir figure ci-avant).
- **Des clapets de non-retour** anti-pollution contrôlables doivent être installés sur l'arrivée d'eau froide et d'ECS ainsi qu'aux retours de la boucle. Des clapets NF sont recommandés. Leur rôle et la qualité de ces clapets (résistance aux températures élevées, aux désinfectants, ...) sont très importants.
- **Un thermomètre en sortie de l'appareil** ainsi qu'en sortie de production sont également à prévoir pour permettre le contrôle de leur bon fonctionnement.
- **Des manomètres** sur les entrées et la sortie de l'équipement sont à installer afin de permettre de contrôler les pressions d'eau froide et d'ECS ainsi que les pertes de charge générées par cet équipement et déceler une éventuelle dérive de fonctionnement (filtre encrassé, ...).

Figure 55

**Quel que soit l'équipement installé, un contrôle et un entretien régulier (nettoyage des filtres, ...) sont indispensables.**

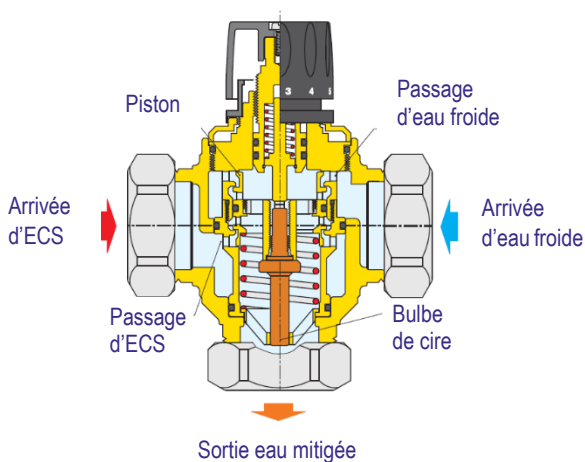
**Schéma de principe d'un mitigeur thermostatique à bilame.** Les deux valves qui règlent automatiquement les proportions d'ECS et d'eau froide pour obtenir la température de consigne d'eau mitigée sont pilotées par un bilame. Le temps de réaction est de l'ordre de la seconde.



(D'après doc. Watts)

**Vue en coupe d'un mitigeur thermostatique à bulbe de cire.**

Les proportions d'eau froide et d'ECS sont régulées automatiquement par un piston actionné par la dilatation ou la contraction de la cire en fonction de la température d'eau mitigée. Le temps de réaction est de moins de 2 secondes. Le débit minimal requis est généralement plus élevé que pour un mitigeur thermostatique à bilame.

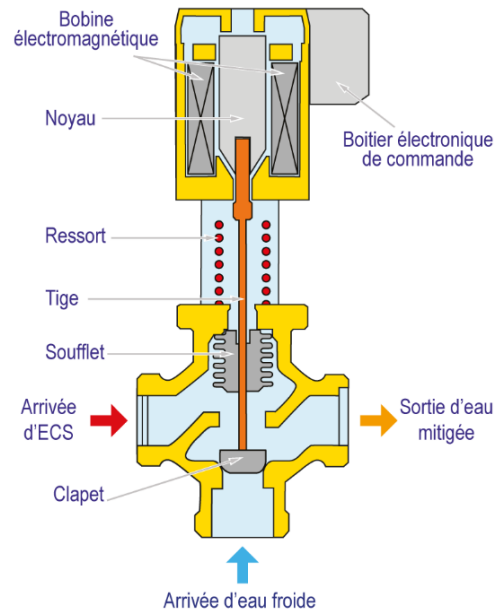


(D'après doc. Caleffi)

**Schéma de principe d'une vanne à trois motorisée à commande magnétique.** La bobine électromagnétique actionne un noyau solidaire de l'axe de la vanne qui règle les proportions d'eau froide et d'ECS en fonction de l'écart entre la température d'eau mitigée de consigne et mesurée par une sonde de température.

Les temps de course sont de l'ordre de quelques secondes.

En cas de coupure de l'alimentation électrique, la vanne est fermée, il n'y a plus d'ECS. Cette vanne comme tous ces organes doivent faire l'objet d'une ACS.



©COSTIC

**Lors de la mise en service,** des réglages sont à effectuer, avec un contrôle des températures obtenues au départ de la boucle, tout d'abord avec le circulateur de bouclage à l'arrêt puis en fonctionnement. Un réglage des vannes d'équilibrage, placées sur les retours de bouclage, le cas échéant, est notamment à réaliser.

**Des contrôles de la température** en départ de bouclage, a minima tous les mois, et un **entretien régulier** sont à effectuer.

- Si les filtres sur l'entrée d'eau froide et d'ECS de cet équipement ne sont pas nettoyés, cela va générer des pertes de charge supplémentaires qui peuvent conduire à des pressions insuffisantes à l'entrée du mitigeur pour son bon fonctionnement. Ces pertes de charge vont également entraîner une diminution des débits de bouclage.
- Si les clapets de non-retour ne sont pas vérifiés et sont défectueux, cela engendre des mélanges entre l'eau froide, l'ECS et le retour de bouclage.



Les températures de départ dans la boucle ne seront plus maîtrisées, d'où un risque d'inconfort et vis-à-vis du développement des légionelles. Dans le cas d'une production solaire, cela peut également conduire à un réchauffage du ballon solaire par le retour de bouclage ou bien encore à un passage de l'eau froide uniquement dans l'appoint ne permettant pas de bénéficier de l'énergie solaire.



En cas de **désinfection par produits chimiques**, veillez à bien respecter les recommandations données par le constructeur de cet organe.

En l'absence d'indications, interroger les fabricants sur le **comportement des matériaux** (pression, température, concentration des produits et temps de contact).

Certains **polymères** qui peuvent être présents dans ces équipements sont **dégradés** par une **désinfection par choc chloré** surtout à des températures élevées.

### Quel est l'impact vis-à-vis des risques sanitaires ?

**Vis-à-vis des risques sanitaires**, l'ajout de cet organe conduit à :

- Des pertes de charge qui peuvent être élevées lors des forts soutirages et entraîner une diminution des débits de bouclage voire une annulation de ceux-ci.
- La réintroduction d'eau froide en sortie de production pouvant contenir des légionelles à des seuils non détectables, susceptibles de se développer dans le réseau de bouclage si les températures et les vitesses de circulation dans celui-ci sont insuffisantes. Régler le mitigeur à 65°C permet toutefois de réduire cette réintroduction d'eau froide tout en limitant le risque de brûlure.
- Un risque de non-maîtrise des températures et des vitesses de circulation dans le bouclage, en cas de défaillance de cet organe et/ou de ses accessoires.

### Qu'en est-il d'un point de vue réglementaire ?

« Maintenir l'eau à une température élevée dans les installations, depuis la production et tout au long des circuits de distribution et mitiger l'eau au plus près des points de puisages (pour éviter les brûlures) »

est un des trois grands axes de prévention du risque légionelle, visant à éviter d'offrir des conditions favorables à la prolifération des légionelles, qui figure dans plusieurs circulaires de la Direction Générale de la Santé :

- dans la circulaire DGS/SD7A/SD5C/DHOS/E4 n°2002/243 du 22 avril 2002 relative à la prévention du risque lié aux légionelles dans les **établissements de santé**,
- dans la circulaire DGS/SD7A-DHOS/E4-DGAS/SD2 no 2005-493 du 28 octobre 2005 relative à la prévention du risque lié aux légionelles dans les établissements sociaux et médico-sociaux d'**hébergement pour personnes âgées**,
- dans le guide d'information pour les gestionnaires d'**établissements recevant du public** concernant la mise en œuvre des dispositions de l'arrêté du 1<sup>er</sup> février 2010 relatif à la surveillance des légionelles dans les réseaux d'ECS collectifs, annexé à la circulaire DGS/EA4 n°2010-448 du 21 décembre 2010.

L'annexe sur les mesures de prévention des brûlures et de la légionellose au sein des établissements médico-sociaux d'**hébergement pour personnes âgées et handicapées** de la note d'information n° DGCS/SPA-/DGS/EA4/2019/38 du 15 février 2019 indique que :

« Le recours au mitigeage centralisé de l'ECS est par ailleurs à proscrire car pouvant être propice au développement des légionelles du fait de l'éloignement entre le point de mitigeage et les points d'utilisation, d'éventuels risques de communication entre le réseau d'eau froide et d'eau chaude sanitaires ou du fait qu'il peut générer une sous-utilisation du réseau d'eau froide (risque de stagnation). »

## 5.4. Les organes de réglage

### En bref

Les vannes d'équilibrage ont un rôle très important vis-à-vis de la prévention du risque lié aux légionelles. Elles doivent **permettre d'obtenir dans chaque retour de boucles les débits calculés** pour avoir :

- une température en tout point du bouclage **supérieure à 50°C** limitant le développement des légionelles.
- une **vitesse d'au moins 0,2 m/s** dans les retours afin de limiter le biofilm au sein duquel les légionelles et autres micro-organismes se développent.

Le NF DTU 60.1 P1-1-1 impose l'établissement d'un **rapport d'équilibrage** afin de s'assurer que le réglage des organes d'équilibrage a été bien réalisé.

La circulaire DGS/EA4 n°2010-44 du 21 décembre 2010 exige de procéder à un **entretien des organes d'équilibrage** pour éviter leur **colmatage**.

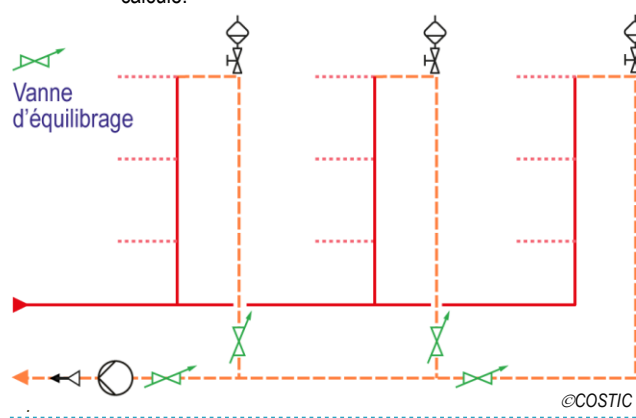
Ils permettent d'éviter d'avoir des sous-débits dans les boucles les plus défavorisées préjudiciables sur un plan sanitaire et des surdébits dans les circuits les plus favorisés qui peuvent être générateur de corrosion par érosion et de nuisances sonores.

Figure 56

**L'équilibrage d'un bouclage est très important vis-à-vis de la prévention du risque lié aux légionelles.**

Les organes d'équilibrage installés sur chaque retour de boucles permettent de régler les débits aux valeurs calculées pour limiter le risque lié aux légionelles.

L'organe d'équilibrage placé sur le retour général permet d'ajuster le débit du circulateur pour obtenir le débit total calculé.



### Note

#### La procédure d'équilibrage

Pour obtenir les débits de retours calculés dans chaque boucle, la **procédure d'équilibrage** consiste successivement à :

- **Déterminer les débits** dans chaque retour de boucles selon les exigences du NF DTU 60.11 P1-2 (voir chapitre 4.2.3). Ces débits sont calculés, en l'absence de soutirages, pour obtenir :
  - Une **vitesse minimale de 0,2 m/s** dans les retours de bouclage. Cette vitesse est imposée pour limiter l'accumulation de **dépôts** et la croissance du **biofilm** sur les parois des canalisations de bouclage, au sein desquels les légionelles et autres micro-organismes se développent.
  - Une **température** en tout point supérieure à **50°C**, pour limiter le développement des légionelles.

Les questions traitées dans ce chapitre sont les suivantes :

- Quel est le rôle des organes d'équilibrage et la procédure d'équilibrage à suivre ? (ci-après)
- Quelles sont les exigences réglementaires et para-réglementaires sur l'équilibrage du bouclage d'ECS ? (page 78)
- Quels organes d'équilibrage choisir ? (page 79)

#### Quel est le rôle des organes d'équilibrage et la procédure d'équilibrage à suivre ?

Les organes d'équilibrage, appelés également organes de réglage, placés sur chaque retour de boucles, ont pour rôle de répartir les débits dans l'installation, de manière à **obtenir les débits de retours calculés** dans chaque boucle (voir chapitre 4.2.3) afin de limiter le risque lié aux légionelles.

- **Calculer les pertes de charge** à assurer par chaque organe d'équilibrage afin de compenser les écarts de perte de charge entre les boucles liées aux différences de longueurs, de diamètres et de débits éventuels et équilibrer ainsi les réseaux.

Par ailleurs, Il est recommandé, que l'organe génère **a minima**, une perte de charge de **200 mm CE** pour obtenir une autorité de réglage suffisante. Si cet organe est équipé de prises de pression, la perte de charge minimale préconisée dans ce cas est de **300 mmCE** pour pouvoir réaliser des mesures de pression différentielle afin de déterminer le débit.

- **Sélectionner les organes** d'équilibrage et déterminer leur position de réglage pour obtenir les débits et la perte de charge calculés (voir chapitre 4.2.5.). Le NF DTU 60.11 P1-2 exige que l'ouverture des organes d'équilibrage corresponde à un passage de l'eau **d'au moins 1 mm** pour éviter les imprécisions de réglage et les risques de colmatage.
- **Régler sur site** les organes à ces positions ainsi déterminées.
- **Vérifier les débits** et ajuster si nécessaire les réglages pour obtenir les débits calculés.
- **Assurer une traçabilité** de l'ensemble de ces opérations, comme l'exige le NF DTU 60.1 P1-1-1 et la circulaire DGS/EA4 n°2010-44 du 21 décembre 2010. Il est conseillé également d'indiquer les positions de réglage, sur les étiquettes d'identification des organes.

Remarque : La norme **NF EN 14 336** décrit des méthodes d'équilibrage pour les installations de chauffage à eau chaude qui sont transposables aux bouclages d'ECS, comme l'indique le NF DTU 60.1 P1-1-1.



Une **température supérieure à 50°C** en tout point de la boucle **n'implique pas forcément** que la **vitesse minimale de 0,2 m/s**, imposée par le NF DTU 60.11 P1-2 dans les canalisations de retours de bouclage, est **respectée**. La température peut être supérieure à 50°C mais la vitesse insuffisante (voir exemple figure 43 page 53).

### Quelles sont les exigences réglementaires et pararéglementaires sur l'équilibrage du bouclage d'ECS ?

Le NF DTU 60.11 P1-2 impose la mise en place d'organe d'équilibrage sur le retour de chaque boucle ainsi que sur le retour général, pour pouvoir régler les débits de chacune des boucles.

Le NF DTU 60.1 P1-1-1 exige que **l'équilibrage repose sur des calculs**. Les organes d'équilibrage doivent être réglés de façon à obtenir dans chaque boucle les débits calculés selon le NF DTU 60.11 P1-2, conduisant à une ouverture d'au moins 1 mm de ces organes et à des vitesses d'au moins 0,2 m/s dans les retours de boucles (voir chapitre 4.2.5.).

Le NF DTU 60.1 P1-1-1 impose également l'établissement d'un **rapport d'équilibrage** et spécifie les données qui doivent y figurer (voir tableau ci-après).

**Dans les ERP**, la circulaire DGS/EA4 n°2010-44 du 21 décembre 2010 demande au responsable des installations d'ECS, de mettre en place et de tenir à jour un carnet ou un fichier technique et sanitaire, tel qu'imposé par l'arrêté du 1<sup>er</sup> février 2010, qui comporte entre autres :

- Les plans ou synoptiques des réseaux d'eau actualisés.
- Les notes de calcul sur l'équilibrage des réseaux d'ECS bouclés, mises à jour lors des modifications de configurations de réseaux.

En ERP, ce fichier sanitaire doit être tenu à disposition des autorités sanitaires conformément à l'arrêté du 1<sup>er</sup> février 2010 relatif à la surveillance des légionelles dans les installations d'ECS.

La circulaire DGS/EA4 n°2010-44 du 21 décembre 2010 demande également que l'attention soit portée sur l'**entretien des organes d'équilibrage** des réseaux d'ECS bouclage, pour éviter notamment leur **colmatage**.

Le NF DTU 60.1 P1-1-1 exige par ailleurs que tous les organes de manœuvre des installations soient facilement **accessibles** pour leur manipulation et leur éventuel remplacement. Il impose, également, de munir d'une étiquette d'**identification** les vannes principales de l'installation.

Figure 57

### Un rapport d'équilibrage des réseaux bouclés d'ECS doit être établi.

Contenu du rapport d'équilibrage imposé par le NF DTU 60.1 P1-1-1.

#### Données à indiquer dans le rapport d'équilibrage conformément au NF DTU 60.1 P1-1-1

- Date d'équilibrage
- Référence de la vanne
- Type de la vanne
- Position de réglage (si vanne manuelle)
- $\Delta p$  obtenu – Débit calculé – Débit mesuré (si vanne manuelle)

### Quels organes d'équilibrage choisir ?

Deux types d'organes d'équilibrage, répondant à l'ensemble des exigences des NF DTU sont proposés :

- Des vannes d'équilibrage « traditionnelles » dites statiques ou manuelles.
- Des organes d'équilibrage dits dynamiques ou automatiques.



Les **organes** d'équilibrage pour les circuits de **chauffage ne peuvent pas être utilisés pour** les installations d'ECS.

Les organes utilisés en ECS doivent bénéficier comme tout accessoire sur l'ECS d'une **Attestation de Conformité Sanitaire (ACS)** prouvant l'innocuité des matériaux dont ils sont constitués.

Leur plage de réglage doit correspondre aux débits et pertes de charge rencontrés sur les installations d'ECS.

**Les vannes d'équilibrage statiques** ont une section de passage fixe qui dépend du réglage du nombre de tour de leur volant. Plus le nombre de tours est faible, plus elles sont fermées, plus elles génèrent de pertes de charge et plus leur coefficient  $K_v$  est faible (voir figure ci-après). Par convention, le  $K_v$  d'une vanne représente le débit d'eau en  $[m^3/h]$  qui la traverse lorsqu'elle crée une perte de charge de 1 [bar].

Pour obtenir une autorité de réglage suffisante, les pertes de charge des organes d'équilibrage doivent être au minimum de 200 mm CE.

Différents modèles de vannes d'équilibrage statiques existent. Ils se différencient par le type, la forme de l'obturateur (soupape, boisseau) et la section de passage correspondante plus ou moins importante ainsi que par les fonctionnalités supplémentaires offertes :

- Mesures de débit (voir chapitre 5.6.2. Les dispositifs de contrôle de débit) :
  - Aux bornes d'une restriction de passage de section fixe calibrée.
  - De part et d'autre de l'obturateur. Sur ce modèle de vanne, le risque de cavitation, surtout si elle est presque fermée et le débit élevé, peut rendre impossible la détermination du débit.
  - Grâce à un appareil de mesure de débit intégré. Ce type de vanne, plus récent, sur lequel on vient directement régler le débit, requiert une procédure d'équilibrage spécifique.
- L'inversion du sens de circulation dans la vanne sans modification du sens d'écoulement dans le bouclage. Cette fonctionnalité permet d'évacuer, plus aisément, lors de l'entretien, les particules accumulées au niveau de l'obturateur de la vanne. Cette inversion peut être réalisée manuellement ou bien automatisée.
- Un doigt de gant intégré dans le corps de la vanne permettant la mise en place d'une sonde ou d'un thermomètre pour mesurer les températures de retours de boucles.
- L'utilisation comme vanne d'isolement avec une fonction éventuelle de mémorisation du réglage.
- La possibilité de blocage du réglage.



Figure 58

**Sur les vannes d'équilibrage statiques, la section de passage fixe varie en fonction du réglage du nombre de tours.**

Exemple de vanne d'équilibrage statique permettant également de déterminer le débit à partir d'une mesure de pression différentielle aux bornes d'une restriction de section fixe calibrée.

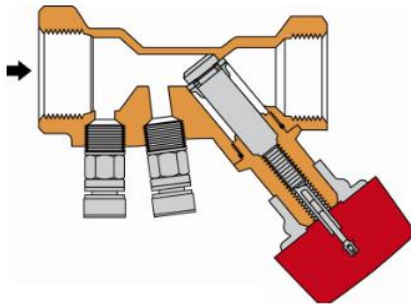
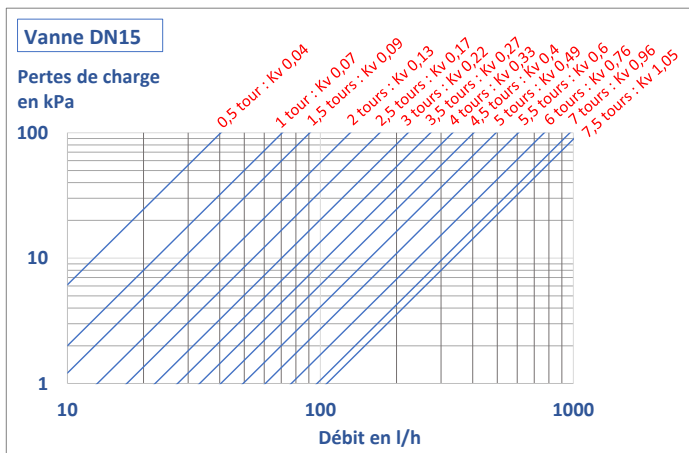


Figure 59

**Le nombre de tours et l'ouverture correspondante de la vanne d'équilibrage statique sont à déterminer lors du dimensionnement du bouclage.**

Exemple d'abaques permettant de déterminer le nombre de tours à régler et l'ouverture de la vanne correspondante, pour le débit et la perte de charge de cet organe calculés.



|                          |   |   |   |   |   |   |   |     |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| Nombre de tours          | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7,5 |
| Hauteur de passage en mm | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7,5 |

(D'après doc. GRK)

**Les organes d'équilibrage dynamiques** maintiennent le débit pour lequel ils sont conçus, dans une plage de pression différentielle donnée (voir figure ci-après). En dehors de cette plage, le débit varie en fonction des pressions différentielles comme pour une vanne d'équilibrage statique « traditionnelle ».

Le modèle est choisi en fonction du débit calculé selon le NF DTU 60.11 P1-2. Cet organe ne requiert pas de réglage sur site.

Pour contrôler les débits des retours de bouclage, l'usage d'un débitmètre à ultrason est requis (voir chapitre 5.6.2. Les dispositifs de contrôle de débit), ces organes n'étant pas équipés de prises de pression afin de limiter les risques de contamination lors de ces mesures.

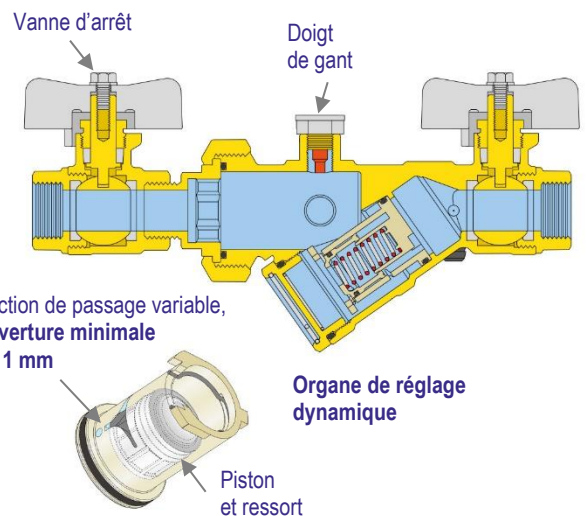
Ces organes sont associés à deux vannes d'arrêt pour leur entretien, un robinet de prélèvement d'eau et un thermomètre.

Figure 60

**Sur les organes d'équilibrage dynamiques, la section de passage varie en fonction de la pression différentielle aux bornes de l'organe.**

Exemple d'organe d'équilibrage dynamique qui permet de maintenir le débit constant dans une plage de pression différentielle donnée.

Dans cette plage, lorsque la pression différentielle aux bornes de l'organe est plus faible à cause de soutirages, le piston, soumis à une poussée du fluide plus faible, comprime moins le ressort ce qui permet de laisser une section de passage plus importante pour éviter la diminution du débit.



(D'après doc. Caleffi)



Figure 61

## Les organes d'équilibrage dynamiques sont sélectionnés en fonction des débits de retours calculés.

Exemple de gamme de débits et de plage de pression différentielle proposée.

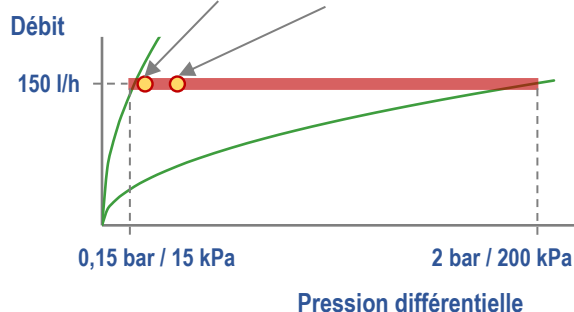
En dehors de la plage de pression différentielle définie, le débit n'est pas maintenu constant, comme le montre l'exemple ci-après.

### Exemple de gamme de débit proposée pour des organes d'équilibrage dynamiques en 1/2" et en 3/4"

| Débit en l/h | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

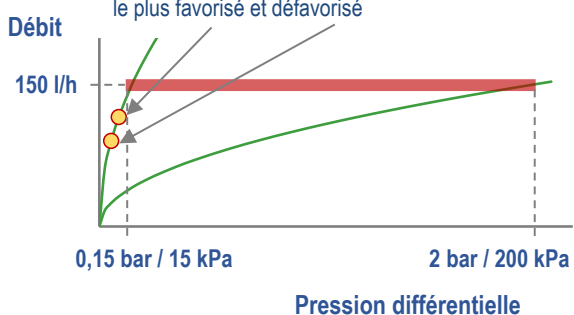
#### En l'absence de soutirages

Pertes de charge créées par les organes de réglage sur le circuit le plus défavorisé et favorisé



#### Lors d'un soutirage important

Pertes de charge créées par les organes de réglage sur le circuit le plus favorisé et défavorisé



(D'après doc. Caleffi)

Les **vannes thermostatiques** utilisées actuellement pour l'équilibrage du bouclage **ne satisfont pas** l'ensemble des **exigences des NF DTU**. Elles ne permettent pas, comme l'exige le NF DTU 60.1 P1-1-1, de régler les débits de manière à obtenir dans chaque boucle les débits calculés selon les exigences du NF DTU 60.11 P1-2.

## 5.5. Les appareils de dégazage

### En bref

Pour assurer le dégazage, il doit être installé :

- Un séparateur d'air **en sortie de production** d'ECS.
- Des purgeurs d'air automatiques aux **points hauts**.

Les **contre-pentes** sont **à éviter** pour permettre l'entraînement des gaz vers les dispositifs de dégazage ainsi que la vidange de l'installation.

Les appareils de dégazage doivent être **facilement accessibles**.

Les questions traitées dans ce chapitre sont les suivantes :

- Pourquoi installer des appareils de dégazage ? (ci-après)
- Quelles sont les exigences réglementaires et para-réglementaires concernant les appareils de dégazage ? (page 82)
- Quelles différences entre un purgeur automatique et un séparateur d'air ? (page 83)
- Pourquoi installer un séparateur d'air en sortie de production et des purgeurs en points hauts ? (page 84)
- Quelles autres exigences vis-à-vis du dégazage ? (page 85)

### Pourquoi installer des appareils de dégazage ?

Les dispositifs de dégazage ont pour rôle de contribuer :

- A éliminer l'air dans l'installation d'ECS lors du remplissage final avant la mise en service ou introduit par la suite, lors de travaux.
- A évacuer les microbulles de gaz générées par l'élévation de la température de l'eau ou une diminution de la pression, lors du fonctionnement de l'installation.

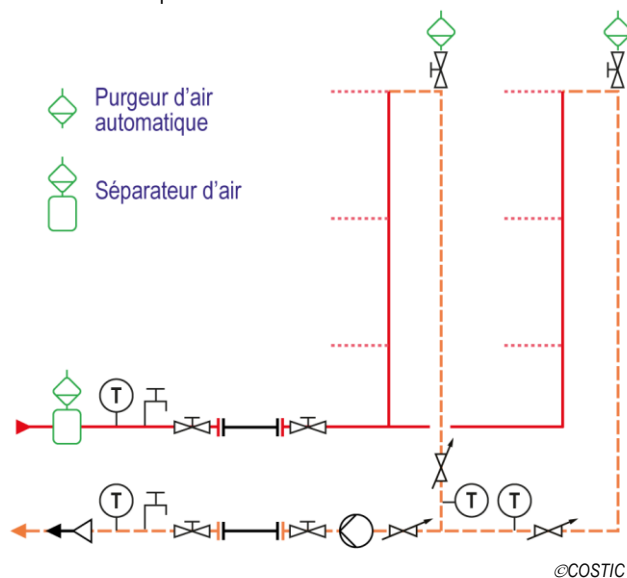
Une partie de ces gaz est également éliminée par les soutirages, l'installation d'ECS correspondant à un circuit ouvert et non fermé comme le chauffage.

Il est important d'évacuer ces gaz afin :

- De limiter les phénomènes de corrosion des éléments métalliques (ballons d'ECS, circulateurs, ...) générés notamment par la présence d'oxygène.
- De ne pas favoriser le développement des bactéries aérobies tels que les légionelles.
- D'éviter les bruits provoqués par ces gaz.

Figure 62 **Des dispositifs de dégazage sont à prévoir sur l'installation d'ECS pour limiter notamment les phénomènes de corrosion.**

Exemple d'installation.



**Quelles sont les exigences réglementaires et par-réglementaires concernant les appareils de dégazage ?**

Le NF DTU 60.1 P1-1-1 impose l'installation de **purgeurs d'air** ou de **séparateurs d'air** automatiques :

- Aux **points hauts** des colonnes montantes et des coudes.
- Au niveau des **contre-pentes**.
- En sortie des préparateurs d'eau chaude.

Ces appareils doivent être **facilement accessibles**.

Figure 63 **Le NF DTU 60.1 préconise différents emplacements pour les purgeurs d'air.**

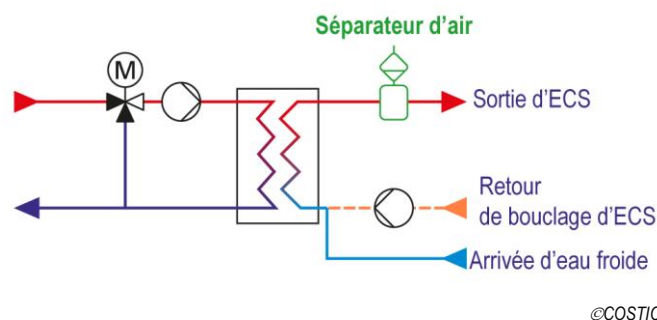
Ci-après, les recommandations du NF DTU 60.1 P1-1-1 pour choisir l'emplacement des purgeurs en points hauts afin d'obtenir la meilleure efficacité d'installation.

| Emplacement des purgeurs préconisés par le NF DTU 60.1   |  |
|--|--|
| Dans les portions de canalisations droites horizontales où les vitesses de circulation sont faibles  |  |
| Dans les coudes supérieurs des colonnes descendantes   |  |
| Dans les coudes supérieurs des colonnes montantes, en cas de difficulté de mise en œuvre des deux premiers montages et quand la purge au remplissage est prépondérante |  |

Le NF DTU 60.1 P1-1-1 exige également l'installation d'un **séparateur de microbulles en sortie de préparateur d'ECS** (voir figure ci-après).

Figure 64 **Pour évacuer les gaz au niveau de la production d'ECS, le séparateur d'air est placé juste à la sortie du préparateur.**

Ci-après, l'emplacement du séparateur d'air en sortie d'échangeur ECS spécifié dans le NF DTU 60.1 P1-1-1.



**Sur un plan réglementaire**, comme tout accessoire en contact avec l'ECS, les appareils de dégazage doivent disposer d'une attestation de conformité sanitaire (**ACS**) prouvant du respect des exigences d'innocuité des matériaux dont ils sont constitués par rapport à l'eau.

## Quelles différences entre un purgeur automatique et un séparateur d'air ?

**Les purgeurs d'air automatiques** à flotteur ont pour rôle d'évacuer les gaz accumulés en leur sein, vers l'atmosphère (voir figure ci-après).

Leur efficacité pour supprimer les microbulles présentes lorsque l'installation est en fonctionnement est plus limitée s'ils sont utilisés seuls (non intégrés à un séparateur d'air ou sans bouteille de dégazage). Cette efficacité, variable selon les modèles, est d'autant plus faible que la vitesse de l'eau est élevée. Elle dépend également de leur emplacement (voir figure 67 page ci-après).

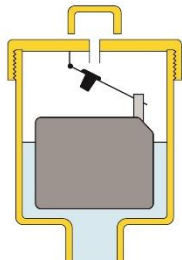
Figure 65

### Le rôle des purgeurs d'air automatiques est d'évacuer les gaz.

Les purgeurs d'air automatiques sont constitués d'un petit réservoir équipé d'une valve commandée par un flotteur.

Lorsque les gaz s'accumulent en partie haute, au-dessus du flotteur, le niveau d'eau dans le flotteur baisse et le flotteur descend, comme représenté sur le schéma. Cela entraîne l'ouverture de la valve permettant l'évacuation des gaz (à condition que la pression soit inférieure à la pression maximale de fonctionnement).

Lorsque les gaz s'échappent, le niveau d'eau remonte et la valve se ferme, empêchant l'eau de sortir.



©COSTIC



Il est important de veiller à la qualité des purgeurs automatiques. La relative fragilité des modèles de petites tailles, sélectionnés pour leur faible coût, génère souvent des dysfonctionnements : blocage par des impuretés, non évacuation des gaz, fuites d'eau, ...

A noter que, pour un même modèle, plus le diamètre du purgeur automatique est faible moins les gaz pénètrent dans le purgeur. A minima, un diamètre d'au moins 1/2" est recommandé.

Les purgeurs doivent également bénéficier d'une ACS.

**Les séparateurs d'air** appelés également dégazeurs permettent à la fois de capter les gaz et de les évacuer.

Différents principes sont utilisés comme par exemple, la coalescence, pour capter les microbulles de gaz et former de plus grosses bulles (voir figure ci-après).

La faible vitesse d'écoulement dans l'appareil donne aux bulles ainsi formées le temps de se séparer de l'eau et de s'accumuler en partie haute où elles sont évacuées par un purgeur automatique.

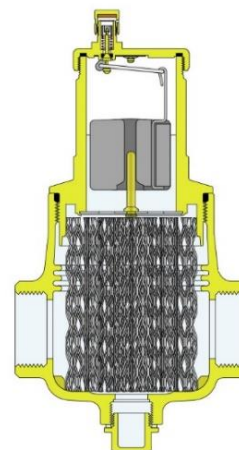
Ces appareils sont efficaces pour éliminer les gaz à la fois lors du remplissage et lorsque l'installation est en fonctionnement.

Les quantités de gaz qui peuvent être éliminées par un séparateur d'air sont d'autant plus élevées que les vitesses et les pressions sont faibles. Elles sont également variables selon les produits qui mettent en œuvre différents procédés.

Figure 66

### Les séparateurs d'air permettent de capter les microbulles présentes dans l'eau.

Exemple de séparateur d'air avec un ensemble de tamis en acier inoxydable permettant de retenir les microbulles de gaz qui s'agglomèrent pour former des bulles. Ces bulles sont ensuite évacuées en partie haute par un purgeur d'air automatique.



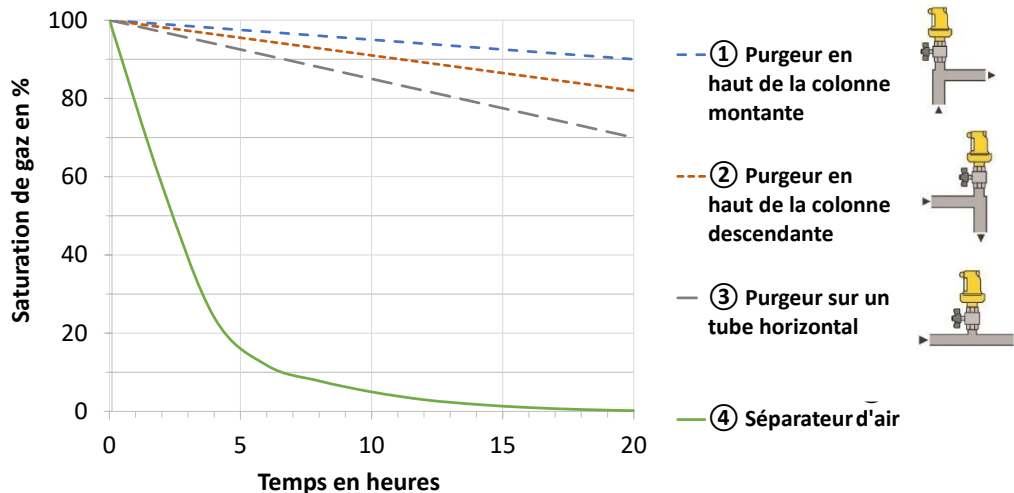
(Doc. Caleffi)

Figure 67

## L'efficacité des dispositifs de dégazage pour éliminer les microbulles, lors du fonctionnement de l'installation, varie selon le type d'appareil et son emplacement.

Exemple d'évolution du taux de saturation des gaz dans l'eau obtenue avec un purgeur automatique à différents emplacements et avec un séparateur d'air ; le dispositif le plus efficace.

- ① Avec un purgeur placé en haut de la colonne montante, les microbulles sont presque toutes entraînées par le flux.
- ② Avec un purgeur situé en haut de la colonne descendante, quelques microbulles seulement pénètrent dans le purgeur compte tenu de la turbulence.
- ③ Avec un purgeur placé sur la conduite horizontale, peu de microbulles atteignent le purgeur. La séparation des gaz et de l'eau n'est significative que si le diamètre du purgeur est proche de celui de la canalisation et les vitesses dans la canalisation inférieures à 0,5 m/s.



(D'après doc. IMI)

## Pourquoi installer un séparateur d'air en sortie de production et des purgeurs en points hauts ?

**En sortie de production d'ECS**, il est très important d'installer un dispositif de dégazage car le réchauffage de l'eau génère beaucoup de microbulles de gaz. En effet, comme le montre la figure ci-après, la solubilité des gaz dissous diminue lorsque la température de l'eau augmente. C'est pourquoi, un séparateur d'air, qui a une meilleure efficacité pour éliminer les gaz ainsi formés, doit être installé en sortie de production.

**En points hauts**, il est très important également d'installer des purgeurs d'air automatiques.

En effet, en points hauts, il y a une accumulation des gaz du fait de leur densité plus faible que celle de l'eau. De plus, la diminution de la pression liée à l'élévation entraîne la libération de gaz dissous.

A noter que le **calorifugeage** des séparateurs d'air et des purgeurs installés dans une chaufferie ou une sous-station existante est éligible aux certificats d'économies d'énergie (voir chapitre sur 3.4.2. sur l'isolation des singularités).

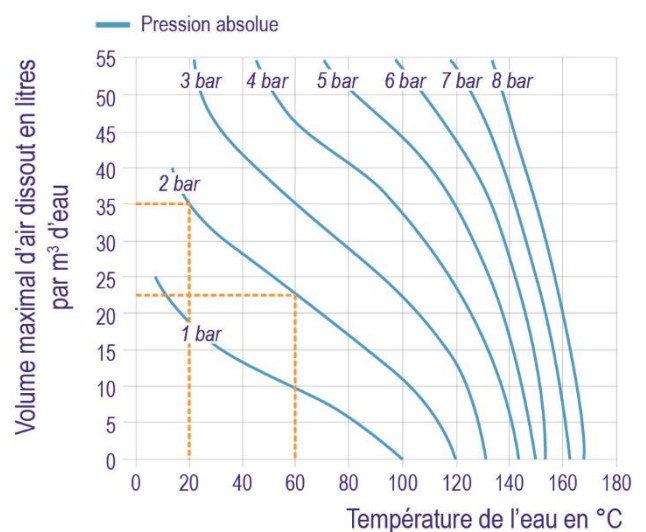
Figure 68

## La production d'ECS génère des dégagements de gaz importants.

Selon la loi de Henry, la solubilité des gaz dissous diminue lorsque la température augmente et la pression chute, entraînant un dégagement de microbulles de gaz.

Ainsi, comme le montre le diagramme ci-après, la quantité maximale d'air dissous dans 1 m<sup>3</sup> d'eau à 20°C et à 2 bar est de 35 litres. Si ce volume d'eau, à la même pression, est réchauffé à 60°C, la quantité maximale d'air dissous n'est plus que de 22 litres. La quantité d'air qui peut être libérée est donc de 13 litres (35 - 22 litres) par m<sup>3</sup> d'eau.

### Diagramme de la solubilité de l'air dans l'eau



©COSTIC

## Quelles autres exigences vis-à-vis du dégazage ?

La conception de l'installation doit permettre d'entraîner les gaz vers les dispositifs de dégazage :

- Les canalisations horizontales doivent être posées avec une pente.
- Les contre-pentes sont à éviter vis-à-vis du dégazage mais également pour pouvoir vidanger l'installation.
- Le parcours des canalisations doit être conçu pour limiter le plus possible les points hauts.
- Le respect de la vitesse minimale de 0,2 m/s imposée par le NF DTU 60.11 P1-2 dans les retours de bouclage contribue également à entraîner les microbulles vers les dispositifs de dégazage.

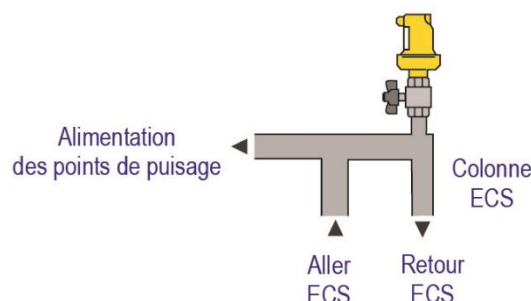
Lors du rinçage de l'installation, il convient de protéger les purgeurs d'air automatiques contre les impuretés. Pour cela, des vannes d'arrêts avec un passage total, doivent être installées en amont des purgeurs, si elles ne sont pas déjà intégrées. Ces vannes permettent également de procéder à la maintenance de ces purgeurs (nettoyage, remplacement de purgeur défaillant).

Il est recommandé également lors du rinçage de démonter les séparateurs d'air afin de les protéger des impuretés et d'augmenter les débits de rinçage. Des vannes d'arrêt doivent être prévues à cet effet.

Figure 69

## Des purgeurs d'air automatiques doivent être installés en point haut des colonnes.

Les purgeurs, avec des vannes d'arrêt en amont, sont installés de préférence dans les coudes supérieurs des colonnes descendantes. Le NF DTU 60.1 P1-1-1 impose qu'ils soient soit facilement accessibles. Ils sont à calorifuger.



©COSTIC



## 5.6. Les équipements de contrôle

Sur le bouclage, plusieurs équipements de contrôle sont à prévoir, tout particulièrement vis-à-vis de la prévention du risque lié aux légionelles :

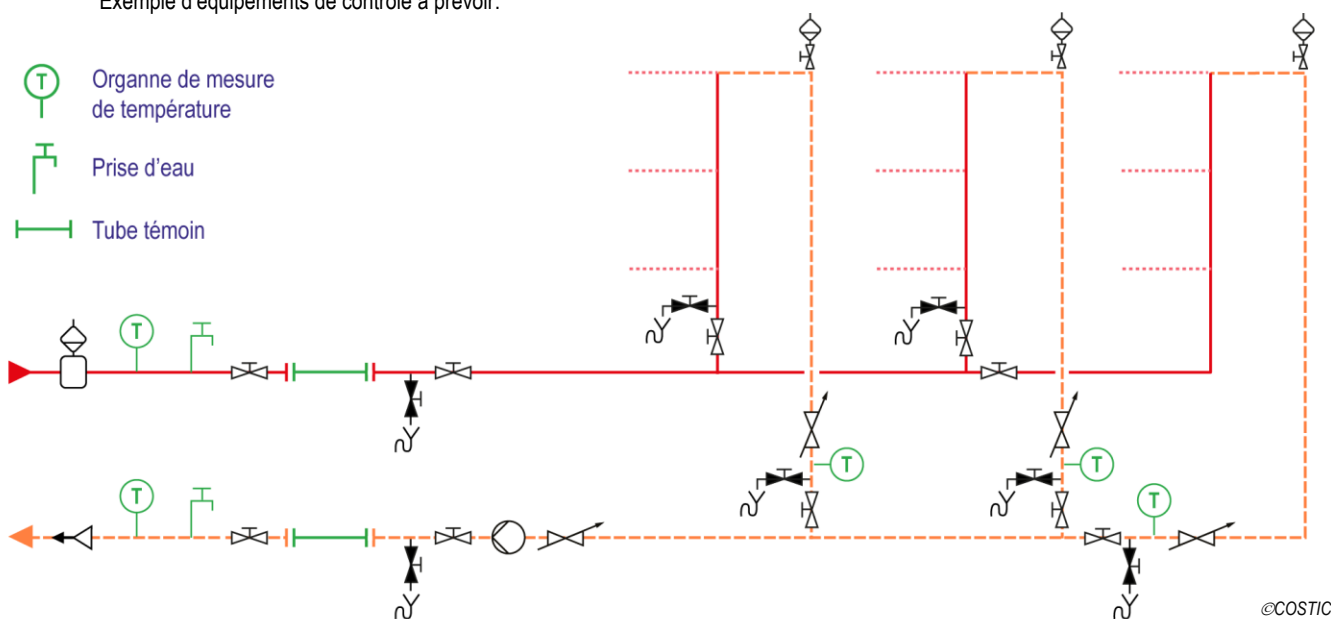
- Des organes de mesure de température (ci-après).
- Des dispositifs de contrôle de débit (page 89).

- Des prises d'eau (page 92).
- Des tubes témoins (pages 93)

Dans ce chapitre sont indiqués les obligations réglementaires et para-réglementaires à ce sujet, quels types d'équipement prévoir et à quel endroit.

Figure 70 Différents équipements de contrôle sont à prévoir vis-à-vis de la prévention des risques sanitaires.

Exemple d'équipements de contrôle à prévoir.



### 5.6.1. Les organes de mesure de température

#### En bref

La température d'ECS est un **indicateur très important vis-à-vis du risque lié aux légionelles**.

Des dispositifs permettant de contrôler les températures sont à prévoir sur le **départ et le retour général** d'ECS ainsi qu'**aux retours de chaque boucle**.

Vis-à-vis de la prévention du risque lié aux légionelles, il est souhaitable que les températures soient mesurées aux **endroits les plus défavorables** (partie basse des tuyauteries) et soient le plus possible **représentatives des**

**températures au sein du biofilm** sur les parois internes des canalisations où se développent les légionelles.

Pour les **tuyauteries en plastique**, les sondes et les thermomètres doivent être placés en **doigt de gant** et non en applique, à moins d'insérer une section métallique.

Dans les **établissements de santé**, il est recommandé d'utiliser un système de **GTB** ou télégestion pour réaliser la surveillance en continu des températures sur le bouclage.

## Quelles sont les obligations réglementaires ou para-réglementaires concernant le contrôle des températures au niveau du bouclage ?

Dans les ERP comportant des postes à risque (douches, douchettes, bains à remous ou à jets notamment), l'arrêté du 1<sup>er</sup> février 2010 impose de réaliser, vis-à-vis de la prévention du risque lié aux légionelles, un contrôle des températures :

- En sortie de production.
- **Aux retours de chaque boucle.** En effet, seule une mesure au niveau de chaque boucle permet de s'assurer qu'une circulation d'eau existe bien dans toutes les boucles.

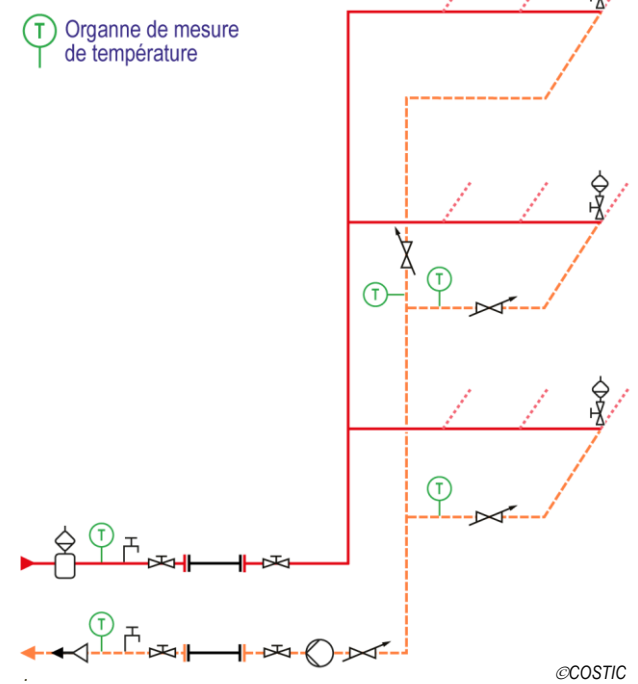
L'arrêté du 1<sup>er</sup> février 2010 impose que ces contrôles soient effectués :

- Au moins une fois par jour (ou en continu) dans les établissements de santé.
- Au moins une fois par mois dans les autres ERP.

Figure 71

**L'arrêté du 1<sup>er</sup> février 2010 impose dans les ERP des contrôles de température en sortie de production et sur chaque retour de boucles.**

Exemple.



Dans les établissements de santé, la circulaire DGS/SD7A/SD5C/DHOS/E4 n°2002/243 du 22 avril 2002 relative à la prévention du risque lié aux légionelles recommande de relever la température, de préférence en continu, et d'assurer une traçabilité de l'information par moyens informatiques.

Le NF DTU 60.1. P1-1-1 impose, sur les installations collectives, quel que soit le type de bâtiment, la mise en place d'un dispositif permettant de contrôler les températures sur :

- Le départ d'ECS.
- Le retour général d'ECS.
- Les retours des boucles les plus défavorisées hydrauliquement.

Le NF DTU 60.1. P1-1-1 oblige par ailleurs, que lors des **essais de fonctionnement**, soient effectués :

- Des mesures de température de l'ECS au départ du réseau et au retour de **chaque boucle**.
- Un **contrôle** des valeurs mesurées indiquées par les **appareils** de mesure installés **à demeure**.

## Quels dispositifs de contrôle des températures prévoir sur le bouclage ?

Sur un plan réglementaire ou para-réglementaire, le type d'équipement à prévoir pour le contrôle des températures n'est pas spécifié précisément.

Dans les établissements de santé, l'obligation de procéder à un contrôle au moins une fois par jour (ou en continu) induit, toutefois, à préconiser la mise en place de sondes de température raccordées à un système de télégestion ou de GTB. Ainsi, dans le modèle de cahier des charges pour ces établissements <sup>7</sup>, il est préconisé de prévoir un système de supervision avec :

- Un enregistrement de chacun des points de télémessure selon un pas de temps réglable (plage minimale de 5 à 60 min).

<sup>7</sup> ARS Pays de Loire - CSTB, Document d'aide à la conduite et l'entretien des installations d'eau sanitaire à l'intérieur des bâtiments, mars 2014 (téléchargeable librement)

- Une association de ces mesures à un seuil d'alarme "température basse" durant un intervalle de temps fixé.
- Une conservation de ces enregistrements sur une année.

Il est souhaitable également de prévoir des thermomètres à demeure, a minima au départ et en retour de bouclage ainsi qu'au niveau des retours défavorisés, pour permettre un contrôle aisé et rapide des températures lors de visites de l'installation.

**Dans les autres bâtiments**, non dotés d'un système de GTB ou de télégestion, des thermomètres à demeure sont à prévoir au départ du réseau et sur chaque retour, de manière à permettre un contrôle des températures en ces différents points. En effet, compte tenu du calorifugeage du bouclage, le contrôle de ces températures ne peut être effectué aisément avec un thermomètre portable.

### Une mesure de température thermoplongée, en doigt de gant ou en applique ?

Vis-à-vis de la prévention du risque lié aux légionelles, il est souhaitable que les températures :

- soient mesurées aux **endroits les plus défavorables**. Ainsi, sur une canalisation horizontale, compte tenu de la stratification des températures, elle sera mesurée, de préférence, en partie la plus basse possible de la canalisation.
- soient également le plus possible **représentatives des températures au sein du biofilm** sur la paroi interne des canalisations où se développent les légionelles.  
Ainsi, il est préférable de privilégier des mesures réalisées avec des sondes ou des **thermomètres placés en applique**, sur la surface externe de la canalisation, à condition que la **tuyauterie soit métallique**.

Figure 72

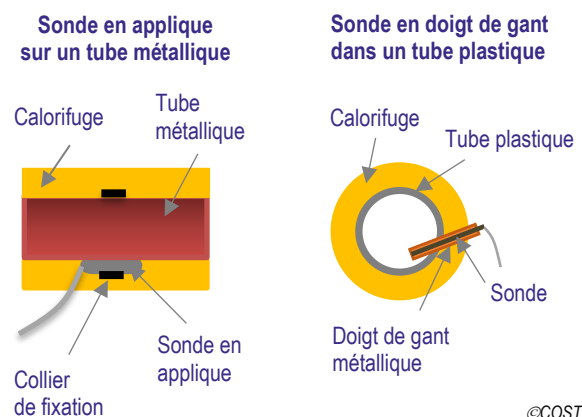
### Pour la pose des sondes, privilégier les endroits les plus défavorables et les plus représentatifs des températures au sein du biofilm, vis-à-vis de la prévention du risque lié aux légionelles.

Exemples de montages d'une sonde en applique sur une canalisation métallique et d'une sonde en doigt de gant dans une canalisation plastique.

Sur la canalisation horizontale, la sonde est placée la plus basse possible pour tenir compte de la stratification.

L'extrémité du doigt de gant également affleure le plus possible la paroi interne du tube pour être plus représentative de la température au sein du biofilm.

Dans le cas d'une distribution en plastique, l'usage d'une sonde d'applique est proscrit, à moins d'insérer une section métallique, car la mesure n'est pas représentative.



©COSTIC

Si des **canalisations plastiques** sont utilisées, une **mesure en applique** est à **proscrire** sauf si une section métallique est insérée. En effet, compte tenu de la plus faible conductivité de ces tubes et de leur épaisseur, la température est plus basse à la surface externe de la paroi du tube qu'au niveau de sa paroi interne.

Par exemple, pour une température de paroi interne de 60°C, la température obtenue à la surface externe d'un tube de 16 mm de diamètre extérieur est de 60°C pour une tuyauterie en cuivre et de seulement 53°C pour une canalisation en PVC-C, non calorifugée.

L'utilisation de thermomètre ou de **sonde en doigt de gant** permet un remplacement aisé de l'appareil en cas de défaillance, contrairement aux équipements thermo-plongés.

D'autre part, ces doigts de gant offre la possibilité de réaliser aisément des mesures enregistrées de température ponctuellement. Les mesures enregistrées permettent de contrôler la température pour différentes conditions d'usage (périodes de faibles et de forts soutirages).

Ainsi, dans le modèle de cahier des charges des établissements de santé cité précédemment, il est préconisé, en dehors des hôpitaux, de recourir à des sondes de température nomades pour enregistrer les températures sur tous les retours de boucles avec une fréquence semestrielle sur une durée continue minimale de 24 heures.

Qu'il s'agisse d'une sonde en doigt de gant ou thermoplongée, il est souhaitable que l'extrémité du doigt de gant ou de la sonde affleure, le plus possible, la paroi de la canalisation de manière à être représentative de la température au sein du biofilm.

Il est important, par ailleurs, de veiller à ce que les thermomètres soient positionnés de manière à permettre de lire facilement la valeur de température mesurée.

## 5.6.2. Les dispositifs de contrôle de débit

### En bref

Le **retour général de bouclage** doit être pourvu d'un équipement permettant de contrôler le débit, conformément au NF DTU 60.1. P1-1-1.

Il peut s'agir :

- D'une **vanne d'équilibrage à mesure de débit**.
- Du **circulateur de bouclage**, si celui-ci affiche le débit.
- Ou bien encore d'un organe spécifique avec un **venturi fixe** permettant de déterminer le débit à partir d'une mesure de pression différentielle.

Sur **chaque retour de boucles**, les débits doivent pouvoir également être mesurés. Ils peuvent être déterminés à l'aide des **vannes d'équilibrage à mesure de débit** ou d'organes avec un **venturi fixe** installés spécifiquement, voire par un débitmètre à ultrason portatif.

A noter que des phénomènes de **cavitation** peuvent rendre impossible la détermination du débit pour certains modèles de vannes d'équilibrage à mesure de débit.

### Quelles sont les obligations para-réglementaires concernant le contrôle des débits de bouclage ?

Le NF DTU 60.1. P1-1-1 impose, quel que soit le type de bâtiment, l'installation d'un dispositif permettant de contrôler le débit en retour de bouclage. Une note de ce NF DTU précise qu'il peut s'agir par exemple, d'une vanne d'équilibrage à mesure de débit.

Le NF DTU 60.1. P1-1-1 oblige également, lors des essais de fonctionnement, à réaliser une mesure des débits réglés dans chaque boucle (dans le cas de vannes de réglage manuelle).

## Quels dispositifs installer pour le contrôle des débits de bouclage ?

Sur le retour général de bouclage, le dispositif permettant de contrôler le débit peut être :

- Une **vanne d'équilibrage à mesure de débit**.
- Le **circulateur de bouclage** si celui-ci offre la possibilité d'afficher la valeur de débit. Sur les modèles de circulateur communicant, cette valeur peut être également suivie à distance.
- Ou bien encore, un organe installé spécifiquement avec un **venturi fixe** (voir ci-après).

L'installation de **vannes d'équilibrage à mesure de débit** sur le retour général et sur chaque retour de boucles présente comme intérêt d'assurer deux usages avec un seul équipement.

Ces vannes permettent de déterminer le débit, à partir d'une mesure de pression différentielle ( $\Delta p$ ) au niveau de la vanne et de la connaissance de ses caractéristiques de Kv (Débit [ $m^3/h$ ] =  $Kv \times \sqrt{\Delta p}$  [bar]). Le coefficient Kv d'un organe représente par convention, le débit d'eau en [ $m^3/h$ ] qui le traverse lorsqu'il crée une perte de charge de 1 [bar].

Pour pouvoir réaliser cette mesure, il est nécessaire que la pression différentielle mesurée soit d'au moins 300 mmCE.

Selon les modèles de vannes, la mesure de pression différentielle est réalisée :

- Soit aux bornes d'un venturi fixe (une réduction de section fixe calibrée, voir figure ci-après).
- Soit entre l'amont et l'aval de l'obturateur de la vanne d'équilibrage (voir figure ci-après).



**Veillez à ce que l'appareil de mesure de pression différentielle soit bien purgé après des mesures et à désinfecter les aiguilles avant chaque mesure pour éviter les contaminations**

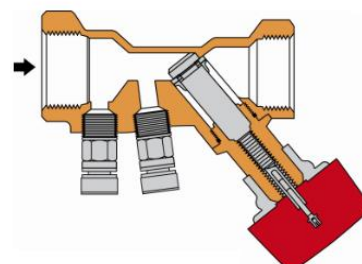
**A noter que les prises de pression constituent une petite zone de rétention d'eau où les bactéries peuvent proliférer.**

Figure 73

### Selon la position des prises de pression sur la vanne d'équilibrage, la dégradation de l'obturateur aura un impact ou non sur les mesures de débit.

Sur le 1<sup>er</sup> modèle, la pression différentielle est mesurée de part et d'autre d'un venturi fixe (une restriction de section fixe calibrée).

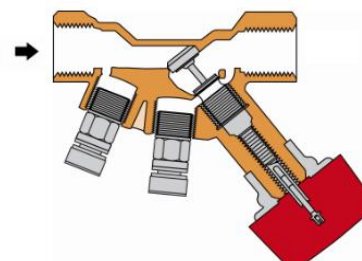
Le coefficient de Kv de cette section, utilisé pour calculer le débit à partir de la mesure de pression différentielle, est constant.



Sur le 2<sup>ème</sup> modèle, la pression différentielle est mesurée entre l'amont et l'aval de l'obturateur.

Le coefficient Kv utilisé pour déterminer le débit est variable. Il dépend de la position d'ouverture de la vanne.

Sur ces modèles le risque de dégradation de l'obturateur de la vanne par cavitation, si la section de passage est très faible (vanne presque fermée ou obstruée par des dépôts) et le débit élevé (modèle de plus grand diamètre, notamment), peut rendre impossible la détermination du débit (voir note ci-après).



Certaines **vannes d'équilibrage** intègrent un **appareil de mesure de débit**. Le débit est directement affiché sur un cadran ce qui permet de prendre connaissance aisément et rapidement de cette valeur, à condition d'être dans la plage de lecture.

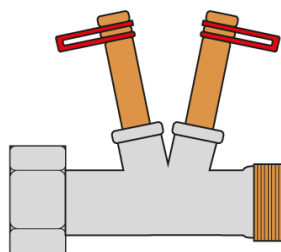
Une autre possibilité pour déterminer les débits, est d'avoir recours à un **venturi fixe** (un diaphragme de mesure ou autre orifice fixe) équipé de deux prises de pression (voir exemple figure ci-après). Ce diaphragme ou autre restriction calibré dont le Kv est fixe permet à partir d'une mesure de pression différentielle d'en déduire le débit.



Figure 74

Il existe également des organes indépendants des vannes d'équilibrage qui permettent de déterminer le débit à partir d'une mesure de pression différentielle.

La pression différentielle est mesurée aux bornes d'un venturi fixe (une réduction de section calibrée) ayant un Kv constant.



©COSTIC



Pour pouvoir déterminer le débit à partir d'une mesure de pression différentielle, il est préférable d'opter pour une mesure aux bornes d'un venturi fixe (une restriction de section fixe calibrée) soit intégré à la vanne d'équilibrage soit dans un organe spécifique (voir figures ci-avant).

Sur les vannes d'équilibrage où la mesure de pression différentielle est réalisée aux bornes de l'obturateur (voir figure 73 ci-avant), le risque de cavitation, surtout présent lorsque la vanne est presque fermée et le débit élevé, peut rendre impossible la détermination du débit (voir encadré ci-après).

### Note

#### Les phénomènes de cavitation

Sur les modèles de vannes d'équilibrage avec des prises de pression en amont et en aval de l'obturateur, les risques de dégradation de l'obturateur par cavitation peuvent rendre impossible la détermination du débit.

Comme le montre la figure ci-après, au niveau de l'obturateur, plus la section de passage de l'eau est réduite, plus la vitesse de l'eau est élevée et donc plus la pression dynamique est importante et plus la pression statique est faible (selon l'équation de Bernoulli). Si cette pression statique devient inférieure à la pression de vaporisation de l'eau

(15 kPa à 55°C), des bulles de gaz se forment. L'implosion de ces bulles lorsque la pression statique augmente à nouveau en sortie d'obturateur (compte tenu de la section plus importante) génère une dégradation de l'obturateur.

Si l'obturateur est dégradé, la valeur de Kv de la vanne pour une position de réglage donnée ne correspond plus alors à la valeur initiale. Il n'est plus possible de déterminer le débit à partir de la mesure de la pression différentielle, le nouveau Kv étant inconnu.

Ce risque de dégradation de l'obturateur par cavitation est d'autant plus important que la section de passage est très faible (vanne presque fermée ou obstruée par des dépôts) et le débit important (vanne de plus grand diamètre, notamment).

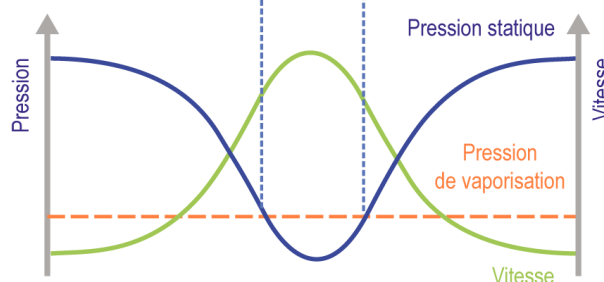
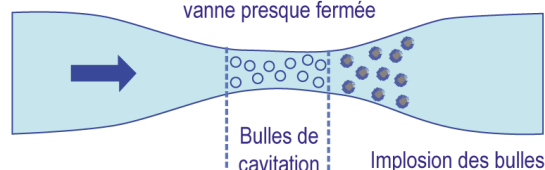
Figure 75

Des phénomènes de cavitation peuvent rendre impossible la détermination du débit pour certains modèles de vannes d'équilibrage.

Exemple d'évolution des pressions au niveau de l'obturateur de vanne d'équilibrage conduisant à une dégradation de celui-ci, ne permettant plus de déterminer le débit à partir d'une mesure de pression différentielle entre l'amont et l'aval de l'obturateur (voir encadré ci-avant)



Section de passage au niveau de l'obturateur vanne presque fermée



Un **débitmètre à ultrasons portable** peut être également utilisé pour mesurer les débits dans chaque boucle. Cet appareil n'étant pas en contact avec l'eau, il n'introduit pas de risque de contamination. Toutefois, son utilisation nécessite de retirer le calorifuge (à remettre après la mesure) et de connaître les diamètres, épaisseurs et matériaux des canalisations où les mesures sont réalisées (épaisseurs de chaque couche dans le cas d'un tube multicouche).

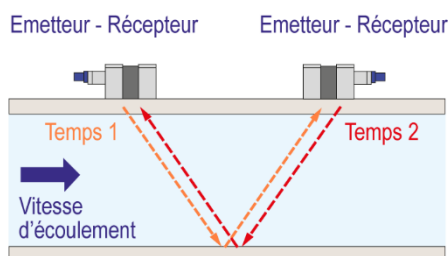
Figure 76

### Les débitmètres à ultrasons mesurent les temps de propagation d'ondes acoustiques dans l'eau

Exemple de schéma de principe de fonctionnement d'un débitmètre à ultrasons portable.

Cet appareil détermine la vitesse d'écoulement à partir de la mesure de la différence de temps de propagation de deux ondes acoustiques en sens opposé. Il en déduit le débit à partir des valeurs de diamètre extérieur et d'épaisseur de la canalisation indiquées.

Si l'épaisseur réelle de la canalisation est plus importante, que celle notée, à cause de dépôts de tartre, le débit déterminé par l'appareil est dans ce cas plus faible que le débit réel.



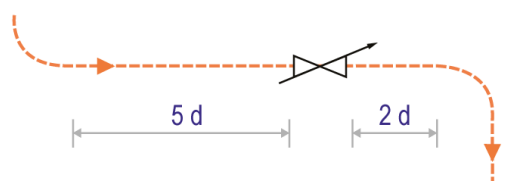
©COSTIC

Quel que soit le dispositif de mesure, des exigences de **longueurs droites** en amont et en aval du dispositif sont souvent recommandées par le constructeur afin d'avoir un écoulement stabilisé au sein de l'organe de mesure.

Figure 77

### Des longueurs droites en amont et en aval des vannes d'équilibrage à mesure de débit sont à prévoir.

Les longueurs droites recommandées couramment pour les vannes d'équilibrage afin de permettre une mesure satisfaisante sont de 5 fois le diamètre de la canalisation en amont et 2 fois en aval.



©COSTIC

## 5.6.3. Les prises d'eau

### En bref

Une prise d'eau doit être placée **au retour** du bouclage conformément au NF DTU 60.1 P1-1-1 pour pouvoir réaliser notamment des prélèvements d'eau pour les analyses légionelles.

Une prise d'eau **sur le départ** est également conseillée.

### Quelles sont les obligations réglementaires ou pararéglementaires concernant les prises d'eau au niveau du bouclage ?

Une prise d'eau doit être placée **au retour du bouclage**, quel que soit le type de bâtiment, conformément au NF DTU 60.1. P1-1-1.

Ce robinet permet de réaliser des prélèvements d'eau :

- Pour des analyses légionelles,
- Pour des analyses physico-chimiques afin de contrôler le bon fonctionnement du dispositif de traitement d'eau anti-corrosion éventuel.
- Pour des mesures éventuelles de température d'eau au retour général de la boucle afin de contrôler l'équipement de mesure installé.

Même si cela n'est pas imposé par le NF DTU, il est préférable d'installer pour cette prise d'eau, un robinet qui puisse être **flambé**. En effet, avant un prélèvement d'eau pour les analyses de légionelles, afin limiter la contamination périphérique, le robinet en retour de bouclage doit être désinfecté. Cette désinfection peut être réalisée par flambage ou par des lingettes spécifiques.

**Sur un plan réglementaire**, la réalisation, une fois par an, d'analyses légionelles au retour général de bouclage est imposée par l'arrêté du 1<sup>er</sup> février 2010 dans les ERP comportant des points de puisages à risque.

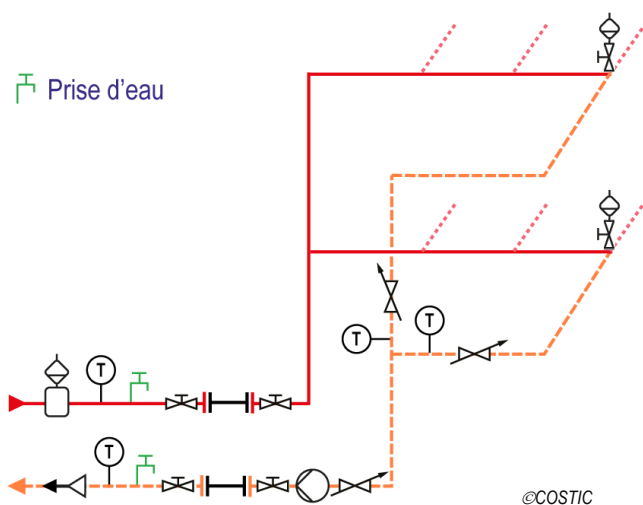
## A quel autre endroit prévoir une prise d'eau ?

Une prise d'eau **en sortie de production** d'ECS peut être également prévue afin de permettre de réaliser une mesure de température de l'eau pour un contrôle éventuel de l'équipement de mesure de température installé.

Figure 78

### Prévoir une prise d'eau sur le départ et sur le retour général.

Exemple d'installation. Il est préférable de choisir un robinet de prise d'eau sur le retour qui puisse être flambé pour les prélèvements pour les analyses légionelles.



## 5.6.4. Les tubes témoins

### En bref

L'installation d'un tube témoin, monté en série, sur le départ et le retour général du bouclage d'ECS est recommandée.

## A quel endroit prévoir des tubes témoins ?

Il est recommandé, quel que soit le matériau de distribution, d'installer un tube témoin sur le **départ et le retour** du bouclage afin de pouvoir contrôler l'état interne des canalisations de distribution de bouclage.

Placer ce tube témoin en série permet d'éviter la présence d'un bypasse constituant un bras mort.

**Remarque :** Le NF DTU 60.1 P1-1-1 n'impose la présence de tubes témoins que dans le cas de canalisations en acier galvanisé.

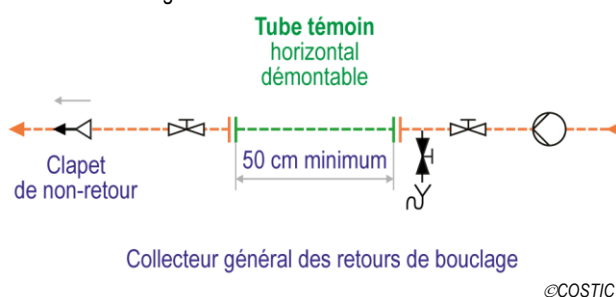
## Quel type de tube prévoir ?

Pour assurer cette fonction de manchette témoin, ce tube doit être de même nature et diamètre que la canalisation située immédiatement à l'amont et à l'aval. Il doit être également facilement accessible et démontable.

Figure 79

### L'installation de tubes témoins est recommandée.

Exemple de montage du tube témoin sur le retour de bouclage.



## 5.7. Les vannes de vidange, d'arrêt et les points d'injections

### En bref

Les installations doivent pouvoir être **entièrement nettoyées, rincées, vidangées et désinfectées**, comme l'exige le code de la santé publique.

Pour cela des **vannes de vidange**, utilisables également pour des chasses sur les réseaux, doivent être installées et des **pentés** mises en œuvre pour les canalisations horizontales.

Les **points d'injections de désinfectant** sont également à prévoir.

## Quelles sont les obligations réglementaires ou par-réglementaires concernant les vannes de vidange et d'arrêt au niveau du bouclage ?

Le **code de la santé publique** impose que les installations de distribution d'eau destinée à la consommation humaine puissent être **entièrement** nettoyées, rincées, vidangées et désinfectées.

Le **NF DTU 60.1 P1-1-1** exige également que les équipements et accessoires placés sur les canalisations soient démontables sans dépose des canalisations et

que tous les organes de manœuvre des installations soient facilement **accessibles** pour leur manipulation et leur éventuel remplacement. Il spécifie, par ailleurs, de munir d'une étiquette d'**identification** les vannes principales de l'installation.

### Que prévoir pour pouvoir assurer le nettoyage, la vidange, la désinfection et des chasses éventuelles au niveau du réseau de bouclage ?

Pour pouvoir assurer ces différentes opérations, il est nécessaire que :

- Les canalisations horizontales soient posées avec une **pente** suffisante pour être vidangeable (au moins 2 mm/m).
- Des **vannes de vidange** soient installées pour pouvoir vidanger entièrement la distribution d'ECS.

Ainsi, des vannes de vidange ainsi que des **vannes d'isolement** doivent être prévues sur le collecteur général de départ et de retour ainsi qu'au départ et au retour de chaque boucle afin de pouvoir réaliser les opérations de mise en service ou de réparations éventuelles par secteur.

Ces vannes permettent également d'effectuer, dans le cadre de la maintenance préventive vis-à-vis des risques sanitaires, des opérations éventuelles de chasse sur les boucles et de nettoyage des organes d'équilibrage par inversion du sens de circulation, afin d'éliminer les dépôts non adhérents. Cette procédure consiste à fermer la vanne d'isolement sur la canalisation aller de la boucle et à ouvrir la vanne de vidange afin d'évacuer les dépôts.

Avoir une **vanne de vidange ¼ de tour distincte du robinet d'arrêt** permet d'obtenir des débits de chasse et de vidange plus élevés à condition de ne pas être de trop petit diamètre (son diamètre doit être identique à celui du tube à vidanger).

Il est préconisé également pour pouvoir réaliser une désinfection à la mise en service et après des travaux, ou curative, de prévoir les **points d'injections de désinfectant**. Ainsi dans les établissements de santé et les EPHAD, il est préconisé d'installer des vannes ¼ de tour en attente sur le départ général d'eau froide et

d'ECS et au niveau de chaque secteur (voir figure ci-après). Cela peut permettre également de réaliser, dans ces bâtiments, d'éventuelles désinfections thermiques des réseaux d'eau froide, localement, en cas de contamination.

Figure 80

### Les installations doivent pouvoir être entièrement nettoyées, rincées, vidangées et désinfectées quel que soit le type de bâtiment.

Exemple de vannes d'isolement, de vidange et de points d'injections à prévoir pour pouvoir réaliser ces opérations par secteur (par étage) dans un établissement de santé.

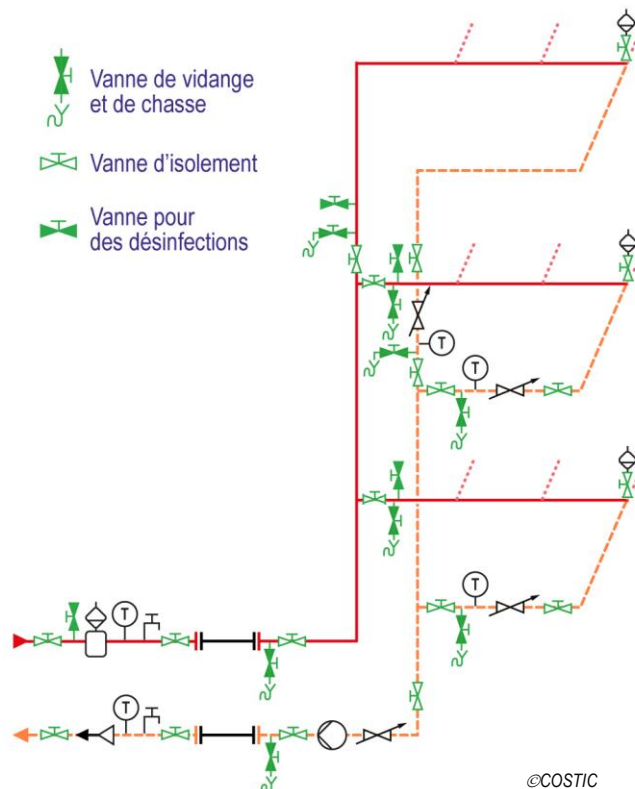
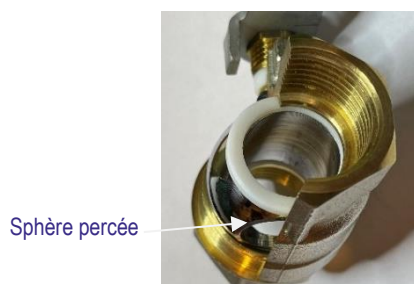


Figure 81

### Les vannes d'arrêt à sphère percée permettent de limiter les zones de rétention d'eau.

Exemple de vanne ¼ de tour avec une sphère percée. Le percement de la sphère en partie basse permet, en position ouverte, d'éviter les zones de rétention d'eau entre la sphère et le corps de la vanne, propices aux éventuels développements bactériens.



## 6. LE RECHAUFFAGE DU BOUCLAGE

Ce chapitre traite du réchauffage du bouclage :

- Par le système de production d'ECS (ci-après).
- Ou bien par un réchauffeur de boucle (page 102).

### 6.1. Le réchauffage par la production d'ECS

#### En bref

**Le réchauffage du bouclage par le système de production d'ECS influence fortement sur le fonctionnement du système de production, ses performances et son dimensionnement.**

**Pour limiter le dimensionnement de ces systèmes et des générateurs de chaleur associés, il importe de minimiser les pertes thermiques du bouclage et son débit.**

**La connaissance de ces pertes du bouclage et dans certains cas de son débit est indispensable pour pouvoir dimensionner les systèmes de production.**

Le réchauffage du bouclage est très souvent assuré par la production d'ECS. Cela permet d'éviter la mise en œuvre d'un système spécifique à cet usage.

Toutefois cela impacte fortement sur le fonctionnement, les performances ainsi que sur le dimensionnement des systèmes de production d'ECS et des générateurs de chaleur associés.

La puissance supplémentaire du système requise pour assurer le réchauffage du bouclage est souvent nettement supérieure aux pertes thermiques de bouclage. Pour satisfaire l'exigence de dimensionnement d'une température en sortie de production d'au moins 55°C, pour une consigne de production à 60°C, ajouter seulement les pertes du bouclage est généralement insuffisant.

En effet, ce réchauffage ne joue pas seulement sur le bilan énergétique du système de production mais également sur :

- les débits de charge et décharge des ballons,
- les températures au sein des ballons,
- les temps de fonctionnement des générateurs de chaleur pour la production d'ECS,
- les températures à l'entrée de ces générateurs de chaleur ...

Comme le montre le guide sur le dimensionnement des systèmes de production d'ECS en habitat <sup>8</sup>, cette puissance supplémentaire requise pour le bouclage dépend :

- du système de production.
- du point de raccordement du retour de bouclage sur ce système.
- des pertes thermiques et du débit du bouclage.

La connaissance des pertes thermiques du bouclage et dans certains cas de son débit est indispensable pour pouvoir dimensionner le système de production et éviter son sous ou surdimensionnement.

Les questions traitées dans ce chapitre, à travers des exemples et les méthodes de dimensionnement en habitat <sup>8</sup>, sont les suivantes :

- Quel est l'impact du réchauffage du bouclage pour un système de production d'ECS par ballon à échangeur ?(page 96)
- Quelle est l'influence du réchauffage du bouclage pour un système de production par échangeur et ballon de stockage d'ECS, avec un fonctionnement permanent des circulateurs de ce système ?(page 97)
- Qu'en est-il si les circulateurs de ce système ne fonctionnent pas en permanence ? (page 99)
- Quelle est l'influence pour un système de production avec un stockage primaire ? (page 101)

<sup>8</sup> COSTIC - Guide technique : Le dimensionnement des systèmes de production d'eau chaude sanitaire en habitat individuel et collectif - ADEME, EDF, CEGIBAT, COSTIC - Juin 2019 (téléchargeable librement sur <https://www.ademe.fr>, <https://cegibat.grdf.fr> ou <https://www.costic.com>)



### Quel est l'impact du réchauffage du bouclage pour un système de production d'ECS par ballon à échangeur ?

Le réchauffage du bouclage par un ballon à échangeur requiert, pour une même capacité, une **puissance supplémentaire** pour compenser le refroidissement de l'eau chaude au sein du ballon généré par le retour de bouclage. Cela peut donc impliquer, pour une gamme de produit donné, la sélection d'un modèle de capacité supérieure. Cette puissance supplémentaire dépend des pertes thermiques et de la position du retour du bouclage (voir exemple figure ci-après).

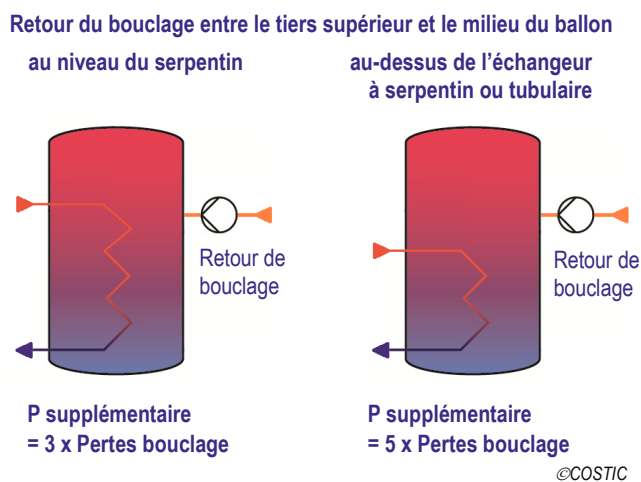
En outre, le débit de bouclage provoque une **décharge plus rapide** de l'eau chaude dans une partie du ballon ce qui entraîne un fonctionnement des générateurs de chaleur pour la production d'ECS plus fréquent et plus long, comme l'illustre l'exemple ci-après. Cela induit également des retours vers le générateur de chaleur plus chauds, pour un échangeur ayant la même chute de température nominale.

Un **raccordement du retour de bouclage en bas de ballon** à échangeur génère de l'eau « tiède » en partie basse du ballon ; dans une zone avec des dépôts éventuels, sensible vis-à-vis des légionelles. Cela

implique également une puissance supplémentaire plus élevée qu'un raccordement entre le tiers supérieur et le milieu du ballon, au niveau du serpentin. Cette puissance est dépendante du débit de bouclage.

**Figure 82** Un retour de bouclage au niveau du serpentin requiert une puissance supplémentaire pour la production d'ECS moins importante qu'un retour au-dessus de l'échangeur.

Puissance supplémentaire à prévoir pour le réchauffage du bouclage indiquée dans le guide sur le dimensionnement des systèmes de production d'ECS en habitat.



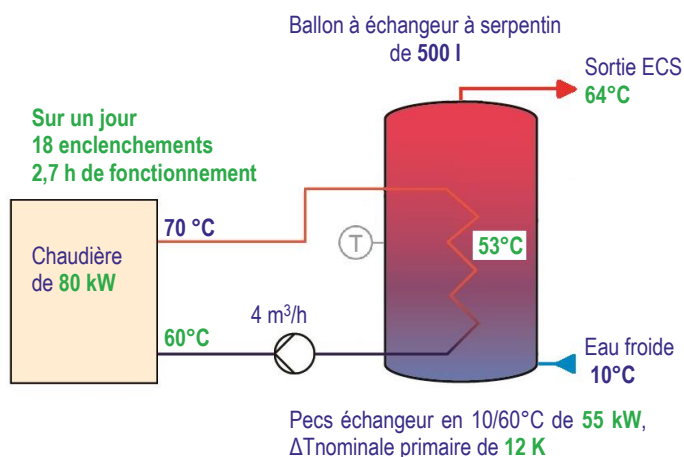
©COSTIC

**Figure 83** Le réchauffage du bouclage par le ballon à échangeur conduit à un fonctionnement des générateurs de chaleur plus long et plus fréquent pour la production d'ECS.

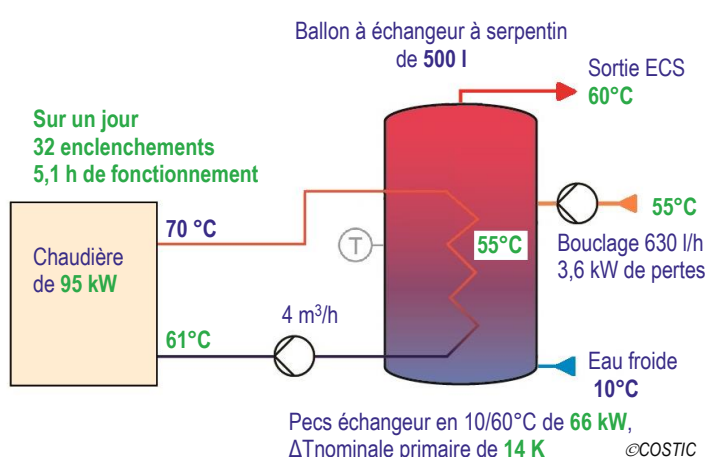
Exemple de valeurs moyennes de températures et de temps de fonctionnement sur une journée obtenues par simulation pour un immeuble de 27 logements et un profil de soutirages moyen, sans et avec un réchauffage du bouclage par un ballon à échangeur de 500 litres.

Pour un même volume de ballon, le réchauffage du bouclage par le système de production conduit à une puissance de l'échangeur requise plus importante (3 x pertes du bouclage, en plus), des réchauffages du ballon plus nombreux (x 1,8) et plus longs (x1,9) ainsi qu'à une élévation plus faible en moyenne de la température en sortie de production.

#### Sans le réchauffage du bouclage



#### Avec un réchauffage du bouclage par le ballon à échangeur



©COSTIC

### Quel est l'impact du réchauffage du bouclage pour un système de production par échangeur et ballon de stockage d'ECS, avec un fonctionnement permanent des circulateurs de ce système ?

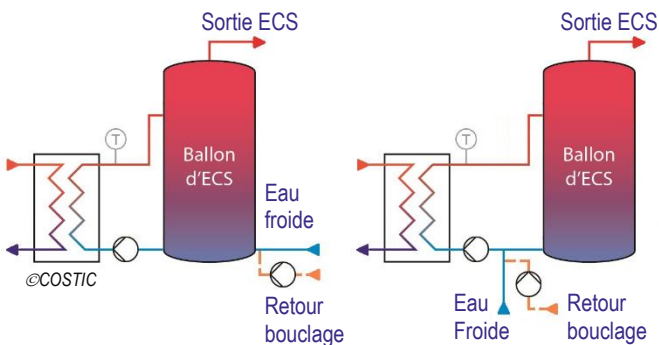
Le réchauffage du bouclage par ce système de production requiert, pour un même volume, une puissance supplémentaire du système pour compenser la chute de température du stockage engendrée par le retour de bouclage. Cette puissance dépend de l'emplacement du retour de piquage.

**Dans le cas d'un retour de piquage en bas du stockage d'ECS**, cette puissance supplémentaire est liée au débit de bouclage (voir figure 84 ci-après). Le système est dimensionné afin de compenser l'augmentation des débits de décharge et la diminution des débits de recharge du stockage générées par le débit de bouclage. Pour cela, le débit du circulateur de charge au secondaire de l'échangeur est augmenté de manière à obtenir un débit de décharge et de recharge du stockage identique avec et sans bouclage (comme le montre la figure 86 ci-après).

L'échangeur est également dimensionné pour une température d'entrée secondaire correspondant à la température de mélange entre l'eau froide et l'eau en bas de stockage.

**Figure 84** Dans le cas d'un raccordement du retour du bouclage en bas du stockage, la puissance supplémentaire à prévoir est d'autant plus faible que le débit de bouclage est limité.

Puissance supplémentaire du système de production d'ECS à prévoir pour le réchauffage du bouclage dans ces 2 configurations, indiquée dans le guide sur le dimensionnement des systèmes de production d'ECS en habitat.



$$\text{Puissance supplémentaire} = 0,7 \times (\text{Débit de bouclage})^{0,5^*}$$

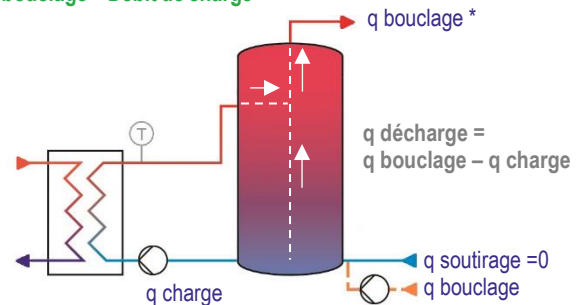
\* Puissance supplémentaire en kW requise pour la prise en charge du réchauffage du bouclage par ce système de production avec un débit de bouclage en l/h.

**!** Dans le cas d'un retour du bouclage en bas de stockage d'ECS, le débit du circulateur de charge au secondaire de l'échangeur doit impérativement être toujours nettement supérieur au débit de bouclage de manière à pouvoir recharger le stockage et éviter ainsi une chute importante des températures en sortie de production (voir figure 85 ci-après).

**Figure 85** Le débit du circulateur de charge doit impérativement être toujours supérieur au débit de bouclage.

Situation à éviter impérativement qui conduit à une décharge continue du ballon, même en l'absence de soutirages

**Situation à éviter impérativement**  
Débit de bouclage > Débit de charge



\* q = débit

©COSTIC

**Dans le cas d'un piquage du retour entre le tiers supérieur et le milieu du stockage d'ECS**, la puissance supplémentaire à prévoir pour le réchauffage du bouclage dépend des pertes thermiques du bouclage et de la puissance de l'échangeur requise sans le bouclage (voir figure 87 page 99).

Le système est dimensionné pour compenser la chute de température générée par le retour de bouclage au sein du ballon et maintenir ainsi une température supérieure à 55°C en sortie de production, l'exigence de dimensionnement fixée et la valeur limite réglementaire vis-à-vis de la prévention du risque lié aux légionelles.

Comme le montre l'exemple figure ci-après, cette configuration avec un retour du bouclage au tiers supérieur du ballon conduit, par rapport à un raccordement de ce retour en bas de stockage :

- A des températures moyennes de stockage, de sortie de production et de bouclage plus faibles et

donc à **plus de risque vis-à-vis du développement des légionelles**. Cela implique également une probabilité plus importante d'avoir une température de sortie de production inférieure à 55°C pour des soutirages importants.

- A l'inverse, l'échangeur requis est plus petit de même que la puissance du générateur de chaleur pour la production d'ECS, pour un même volume de stockage. Les pertes thermiques sont également plus faibles.

Figure 86

**Un raccordement du retour de bouclage entre le tiers supérieur et le milieu du stockage conduit à des températures du ballon et de sortie de production d'ECS plus faibles qu'un retour en bas du stockage.**

Exemple de valeurs moyennes de températures sur une journée obtenues par simulation pour un immeuble de 27 logements et un profil de soutirages moyen, pour différentes configurations avec un volume de stockage de 750 l. Les circulateurs du système de production fonctionnent en permanence.

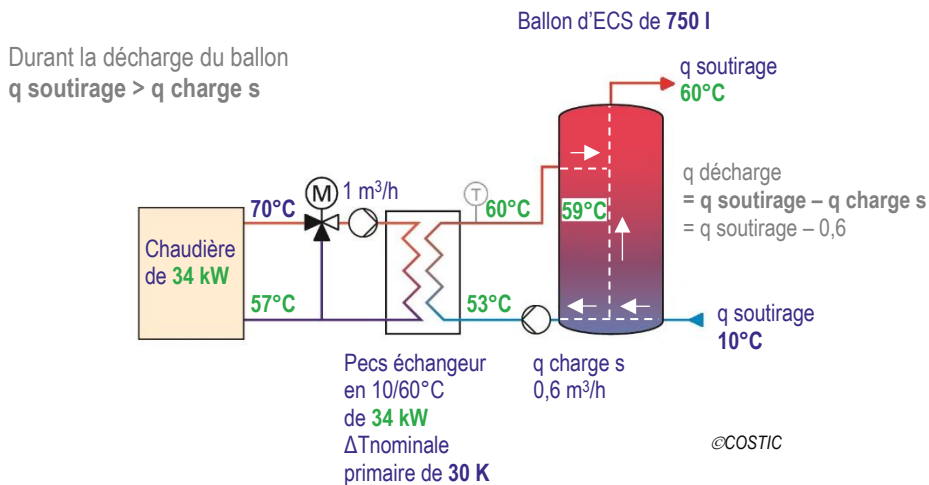
Assurer le réchauffage du bouclage par ce système requiert une puissance plus importante de l'échangeur ECS et du générateur de chaleur, pour un même volume de stockage.

Le dimensionnement réalisé pour satisfaire a minima 55°C en sortie de production conduit à des températures moyennes de stockage, de départ et retour ECS plus faibles dans le cas d'un raccordement du retour de bouclage au tiers supérieur du stockage que lorsque celui-ci arrive en bas de ballon, donc un risque plus élevé vis-à-vis du développement des légionelles.

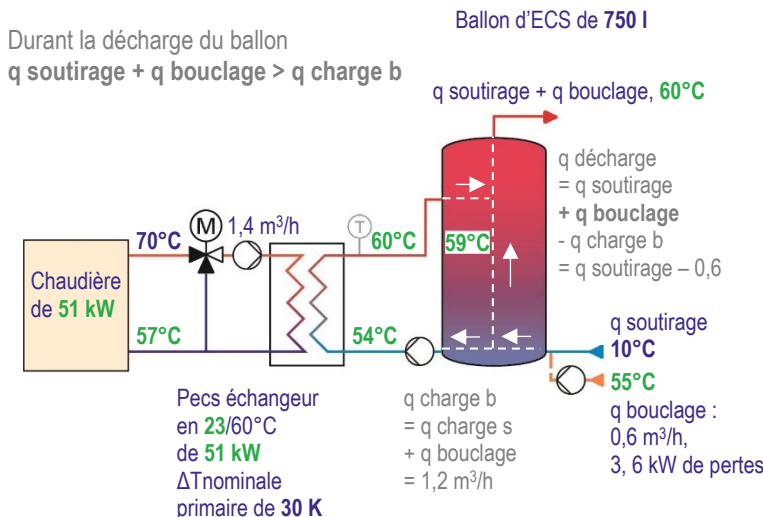
Dans le cas d'un retour de bouclage en bas de ballon, les températures moyennes obtenues avec et sans réchauffage du bouclage par la production sont similaires.

**Système avec une circulation permanente au primaire et au secondaire de l'échangeur**

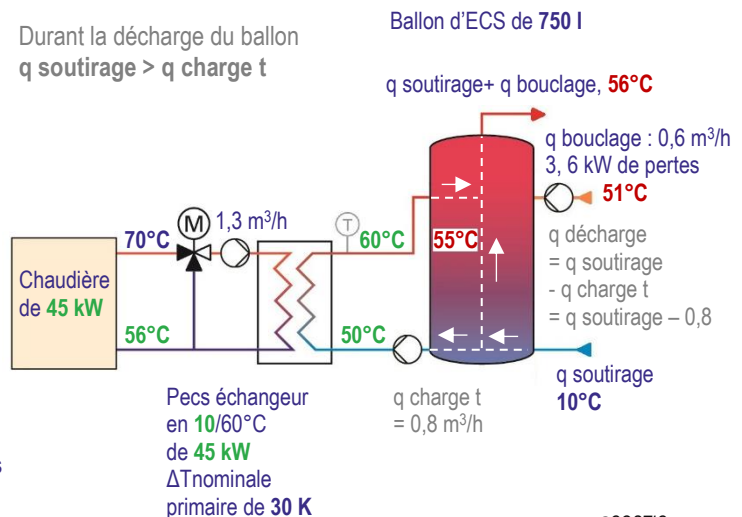
**Sans le réchauffage du bouclage**



**Avec un retour du bouclage en bas de ballon**



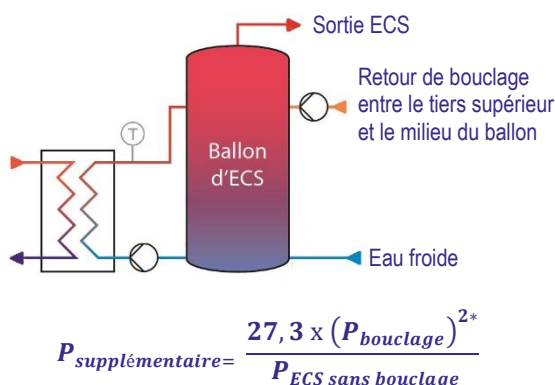
**Avec un retour du bouclage au tiers supérieur du ballon**



\* q = débit

**Figure 87** Dans le cas d'un raccordement du retour de bouclage entre le tiers supérieur et le milieu du stockage d'ECS, la puissance supplémentaire à prévoir est d'autant plus faible que les pertes de bouclage sont limitées.

Puissance supplémentaire du système de production d'ECS à prévoir pour le réchauffage du bouclage dans cette configuration, indiquée dans le guide sur le dimensionnement des systèmes de production d'ECS en habitat.



\*  $P_{\text{supplémentaire}}$  : Puissance supplémentaire en kW requise pour la prise en charge du réchauffage du bouclage par ce système de production.

$P_{\text{ECS sans bouclage}}$  : Puissance nominale de l'échangeur, en kW, nécessaire pour un régime secondaire 10/60°C lorsque le système n'assure pas le réchauffage du bouclage.

$P_{\text{bouclage}}$  : Pertes thermiques du bouclage, en kW

©COSTIC

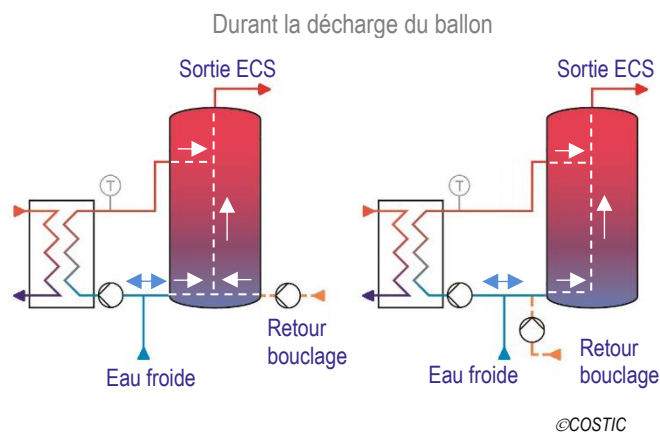
Dans le cas d'un raccordement de l'eau froide à l'entrée de l'échangeur, tel que représenté sur le schéma ci-après (figure 88), le même échangeur, avec les mêmes débits primaire et secondaire, que celui déterminé avec un retour de bouclage et un raccordement de l'eau froide en bas de stockage ECS conviendra.

A contrario, la puissance que devront être capables de fournir les chaudières pour la production d'ECS dans ce cas sera un peu plus élevée.

Pour cette configuration, durant les soutirages de pointes dimensionnants, lors de la décharge du stockage, la température en entrée secondaire de l'échangeur est de 10°C. Elle est plus froide que dans le cas d'un raccordement en bas de stockage ce qui requiert donc une puissance des générateurs plus élevée, pour le même débit de charge, vis-à-vis des contraintes de températures minimales en sortie.

**Figure 88** Autres configurations de raccordement lors d'un fonctionnement en décharge durant la pointe maximale de soutirages.

Ces configurations nécessitent une puissance à fournir par les générateurs de chaleur pour la production d'ECS un peu plus élevée, non pas vis-à-vis du bilan énergétique mais pour satisfaire l'exigence fixée pour le dimensionnement des systèmes de production d'ECS en habitat collectif d'une température minimale de 55°C en sortie de production d'ECS.



**Quel est l'impact du réchauffage du bouclage pour un système de production par échangeur et ballon de stockage d'ECS, avec un fonctionnement non permanent des circulateurs de ce système ?**

La puissance supplémentaire requise pour le réchauffage du bouclage par ce système de production est identique pour un fonctionnement avec arrêts ou non par la régulation des circulateurs au primaire et au secondaire de l'échangeur.

Comme précédemment, le retour du bouclage entre le tiers supérieur et le milieu du stockage conduit à des températures moyennes de sortie de production et de de bouclage plus faibles qu'un retour de bouclage en bas de ballon (voir exemple figure ci-après).

Cela implique, plus encore pour cette configuration, plus de risque d'avoir une température de sortie de production inférieure à 55°C pour des soutirages importants, la valeur limite réglementaire vis-à-vis de la prévention du risque lié aux légionelles.

A l'inverse, contrairement à précédemment, assurer le réchauffage du bouclage par la production d'ECS conduit à une augmentation des températures moyennes d'entrée du générateur de chaleur ainsi que du stockage d'ECS.



Figure 89

**Dans le cas d'arrêts des circulateurs au primaire et au secondaire de l'échangeur par la régulation, le raccordement du retour de bouclage entre le tiers supérieur et le milieu du stockage conduit à des températures de sortie de production d'ECS plus faibles et des temps de fonctionnement du générateur plus long qu'un retour en bas du stockage.**

Exemple de valeurs moyennes de températures et de temps de fonctionnement des générateurs de chaleur sur une journée obtenues par simulation pour un immeuble de 27 logements et un profil de soutirages moyen, pour différentes configurations avec un volume de stockage de 1500 l. L'enclenchement et l'arrêt des circulateurs au primaire et au secondaire de l'échangeur sont asservis aux températures du stockage d'ECS.

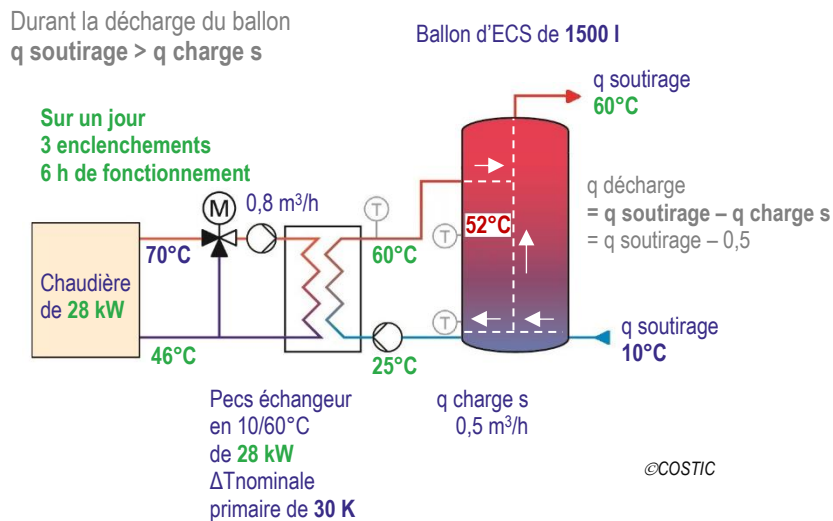
Assurer le réchauffage du bouclage par ce système requiert une puissance plus importante de l'échangeur ECS et du générateur de chaleur, pour un même volume de stockage.

Le dimensionnement réalisé pour satisfaire à minima 55°C en sortie de production conduit à des températures moyennes de stockage, de départ et retour ECS plus faibles dans le cas d'un raccordement du retour de bouclage au tiers du stockage que lorsque celui-ci arrive en bas de ballon, donc un risque plus élevé vis-à-vis du développement des légionelles. Les temps et le nombre de réchauffage sont également plus importants (x1,4).

Contrairement à précédemment, les températures de stockage et d'entrée du générateur de chaleur sont plus faibles lorsque le réchauffage du bouclage n'est pas assuré par la production.

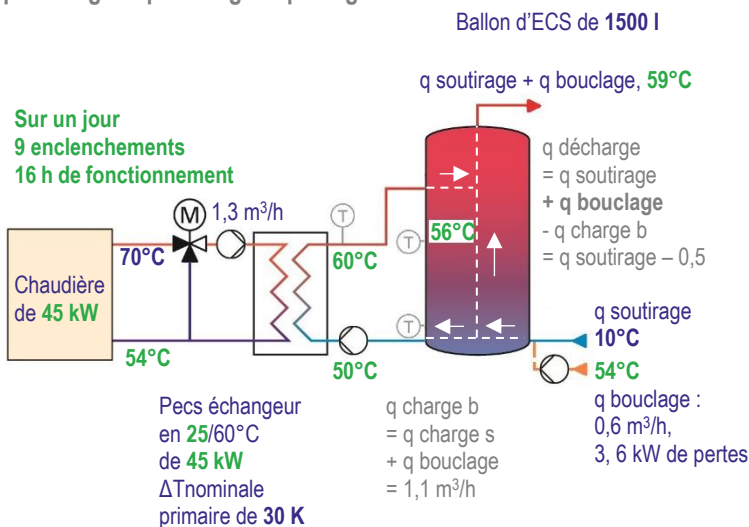
**Système avec arrêts de la circulation au primaire et au secondaire de l'échangeur**

**Sans le réchauffage du bouclage**



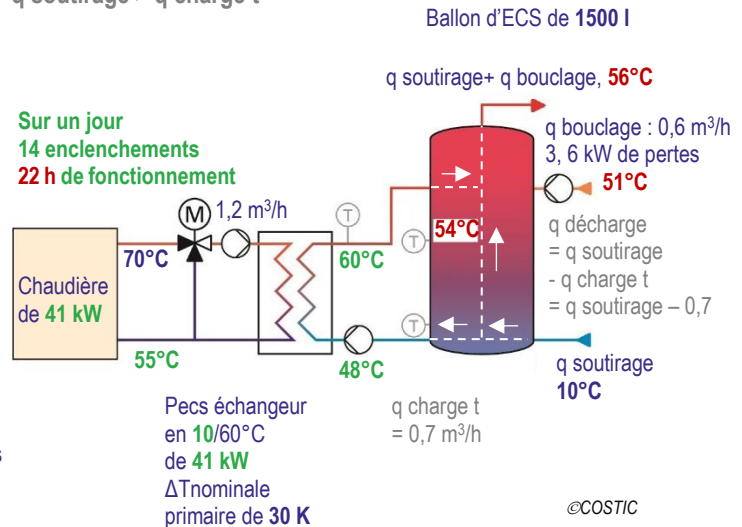
**Avec un retour du bouclage en bas de ballon**

Durant la décharge du ballon  
 $q_{\text{soutirage}} + q_{\text{bouclage}} > q_{\text{charge b}}$



**Avec un retour du bouclage au tiers supérieur du ballon**

Durant la décharge du ballon  
 $q_{\text{soutirage}} > q_{\text{charge t}}$





## Quel est l'impact du réchauffage du bouclage pour un système de production d'ECS avec un stockage primaire ?

Le réchauffage du bouclage par un échangeur associé à un stockage primaire nécessite, pour un même volume, une puissance supplémentaire pour les générateurs de chaleur et l'échangeur ECS.

Cette puissance supplémentaire dépend des pertes thermiques du bouclage (voir figure ci-après).

Assurer le réchauffage du bouclage par ce système conduit également à enclencher plus fréquemment le générateur pour la production d'ECS et plus longtemps (voir exemple figure ci-après).



Le réchauffage du bouclage par un système de production avec un stockage primaire associé à un échangeur ECS entraîne le **risque d'avoir de faibles débits de bouclage** voire une interruption de ces débits, lors des soutirages importants, si l'échangeur sélectionné présente des pertes de charge élevées.

C'est pourquoi il est recommandé d'opter pour un **échangeur générant une perte de charge de moins de 2 mCE** pour les débits maximaux de soutirages déterminés pour le dimensionnement des canalisations (voir chapitres 4.1.3. et 5.2.).

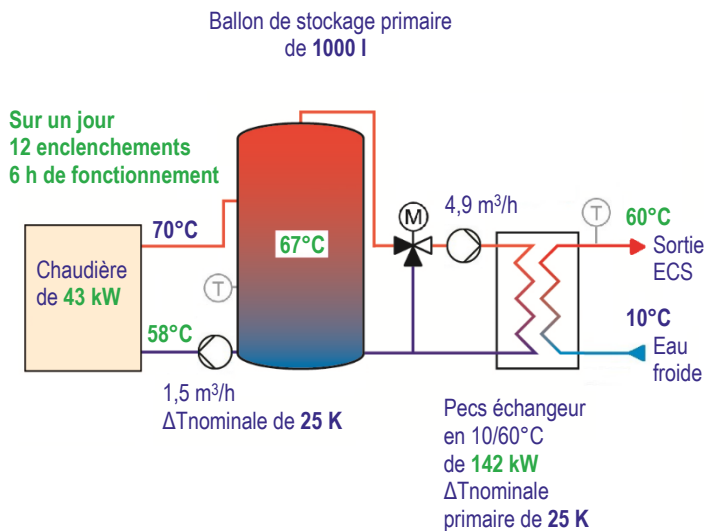
### Figure 90 Assurer le réchauffage du bouclage par un système de production d'ECS avec un stockage primaire requiert un générateur de chaleur d'une puissance plus élevée et des temps de fonctionnement de ce générateur pour l'ECS plus longs.

Exemple de valeurs moyennes de températures et de temps de fonctionnement sur une journée obtenues par simulation pour un immeuble de 27 logements et un profil de soutirages moyen, pour différentes configurations.

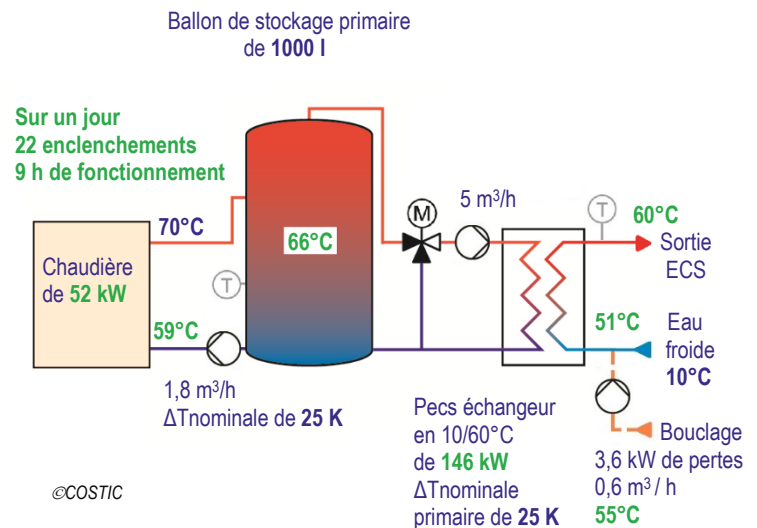
Pour un même volume de stockage primaire, le réchauffage du bouclage par le système de production conduit à une puissance du générateur requise plus importante, des réchauffages du ballon plus nombreux (x 1,8) et plus longs (x1,5).

Les températures moyennes de stockage et de retour vers le générateur sont similaires que le réchauffage du bouclage soit assuré ou non par la production d'ECS.

#### Sans le réchauffage du bouclage



#### Avec le réchauffage du bouclage



$$\text{Puissance supplémentaire} = 2,5 \times \text{Pertes de bouclage}^*$$

\* Puissance supplémentaire du générateur de chaleur pour la production d'ECS requise pour la prise en charge du réchauffage du bouclage par ce système indiquée dans le guide sur le dimensionnement des systèmes de production d'ECS en habitat. Pour l'échangeur ECS, la puissance supplémentaire requise est égale aux pertes de bouclage.

## 6.2. L'utilisation d'un réchauffeur de boucle

### En bref

L'utilisation d'un réchauffeur de boucle est recommandée dans le cas d'une production par :

- Des **chauffe-eau électriques** à accumulation **asservis aux heures creuses** de la tarification.
- Des **pompes à chaleur dédiées à l'ECS** si elles ne sont pas adaptées à cet usage.

Un **adoucissement de l'eau** doit impérativement être réalisé si elle est entartrante. Un élément chauffant présentant un flux thermique inférieur à **7 W/cm<sup>2</sup>** est également recommandé pour limiter l'entartrage.

Les questions traitées dans ce chapitre sont les suivantes :

- Dans quel cas utiliser un réchauffeur de boucle ?
- Quels sont les critères pour choisir un réchauffeur de boucle ?
- Quelles sont les contraintes ?

### Dans quel cas utiliser un réchauffeur de boucle ?

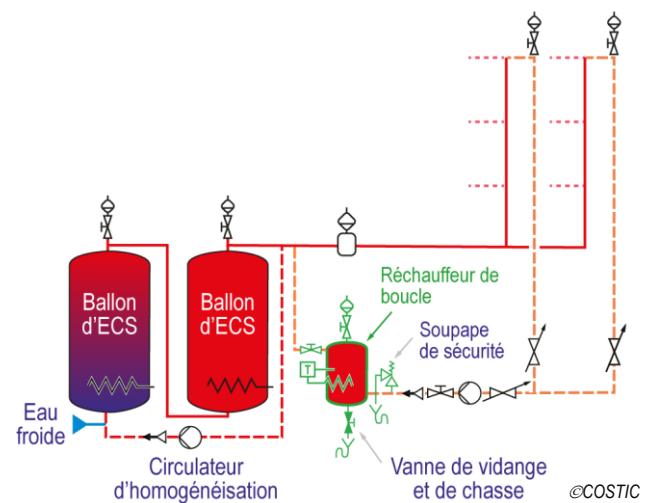
L'utilisation d'un réchauffeur de boucle est recommandée dans le cas d'une production d'ECS assurée par des **chauffe-eau électriques** collectifs à accumulation, asservis aux heures creuses de la tarification (voir exemple figure ci-après). Cela permet de ne pas recourir aux chauffe-eau pour le réchauffage du bouclage et d'éviter ainsi de perturber la stratification des ballons et d'engendrer des températures de stockage et de distribution trop faibles.

Les débits de bouclage sont généralement importants au regard des volumes stockés. Ainsi, pour l'exemple de l'immeuble de référence de 12 logements, le débit de bouclage est de 360 l/h (voir chapitre 4.2.3.) et le volume requis pour ce type de production à accumulation de 1 800 litres.

L'usage d'un réchauffeur de boucle est également une solution préconisée dans le cas d'une production collective par **pompe à chaleur dédiée à l'ECS** si celle-ci n'est pas adaptée à cet usage.

### Figure 91 Dans le cas d'une production collective d'ECS par des ballons électriques, un réchauffeur de boucle est recommandé.

Exemple de mise en œuvre d'un réchauffeur de boucle dans le cas d'une production d'ECS par chauffe-eau électriques à accumulation asservis aux heures creuses de la tarification. Le réchauffeur est toujours placé sur le retour de bouclage.



\*Tous les accessoires ne sont pas représentés (vannes d'arrêt, soupapes des ballons, dispositifs de contrôle...)

### Quels sont les critères pour choisir un réchauffeur de boucle ?

Les principaux critères pour choisir le réchauffeur de boucle sont :

- **Les pertes thermiques du bouclage.** Pour éviter un réchauffage insuffisant du bouclage et limiter les court-cycles, la puissance du réchauffeur doit correspondre aux pertes thermiques maximales du bouclage. Selon les modèles, la puissance peut varier de 3 à 35 kW.
- **Le débit de bouclage** qui doit être dans la plage de l'appareil afin d'éviter de trop fortes pertes de charge ou a contrario des surchauffes éventuelles.
- **La régulation du réchauffeur.** Une régulation proportionnelle permet un contrôle précis de la température contrairement à une régulation en tout ou rien.

## Quelles sont les contraintes ?

Il est indispensable de prendre des mesures afin de **lutter contre le risque d'entartrage**. Si l'eau est entartrante, un adoucissement de l'eau est à réaliser.

Les résistances électriques des réchauffeurs sont particulièrement sensibles à ce risque. La valeur de flux thermique recommandée pour limiter l'entartrage des éléments chauffants est de moins de  $7 \text{ W/cm}^2$ .

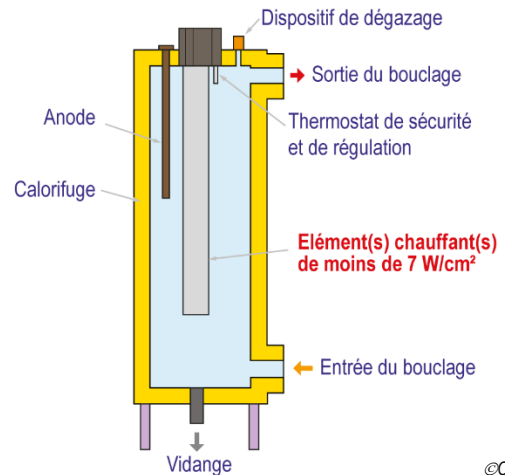
Au niveau de l'**entretien**, il est préconisé de réaliser :

- Mensuellement, des chasses en point bas et une vérification du fonctionnement du thermostat, du purgeur et de la soupape de sécurité.
- Semestriellement, un nettoyage de l'intérieur du réchauffeur.
- Annuellement une vérification de l'anode de protection contre la corrosion.

Figure 92

**Des éléments chauffants présentant un flux thermique de moins de  $7 \text{ W/cm}^2$  sont recommandés pour limiter l'entartrage du réchauffeur électrique.**

Principaux composants d'un réchauffeur de boucle électrique.



©COSTIC

# REFERENCES

## Références réglementaires et para-réglementaires

**Décret n° 73-138 du 12/02/1973** portant application de la loi du 1/08/1905 sur les fraudes et falsifications en ce qui concerne les procédés et les produits utilisés pour le nettoyage des matériaux et objets destinés à entrer en contact avec les aliments

**Arrêté du 23 juin 1978** modifié par l'arrêté du 30 novembre 2005 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.

**Circulaire du 9 août 1978** modifiée relative à la révision du Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT).

**Arrêté du 25 juin 1980** modifié portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP)

**Circulaire du 7 mai 1990** modifiée relative aux produits et procédés de traitement des eaux destinées à la consommation humaine.

**Arrêté du 29 mai 1997** modifié relatif aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine.

**Arrêté du 8 septembre 1999** modifié pris pour l'application de l'article 11 du décret n°73-138 du 12 février 1973 modifié portant application de la loi du 1<sup>er</sup> août 1905 sur les fraudes et falsifications en ce qui concerne les procédés et les produits utilisés pour le nettoyage des matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées, produits et boissons pour l'alimentation de l'homme et des animaux.

**Circulaire DGS/SD7A/SD5C/DHOS/E4 n°2002/243 du 22 avril 2002** relative à la prévention du risque lié aux légionelles dans les établissements de santé.

**Circulaire DGS n°2002/273 du 2 mai 2002** relative à la diffusion du rapport du Conseil supérieur d'hygiène publique de France relatif à la gestion du risque lié aux légionelles.

**Arrêté du 21 novembre 2002** modifié relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement

**Circulaire n°DHOS/E4/DGS/SD7A/2005/417 du 9 septembre 2005** relative au guide technique sur l'eau dans les établissements de santé

**Circulaire DGS/SD7A-DHOS/E4-DGAS/SD2 n 2005-493 du 28 octobre 2005** relative à la prévention du risque lié aux légionelles dans les établissements sociaux et médico-sociaux d'hébergement pour personnes âgées

**Arrêté du 11 janvier 2007** relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique.

**Circulaire interministérielle DGS/SD7A/DSC/DGUHC/DGE/DPPR /126 du 3 avril 2007** relative à la mise en œuvre de l'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 3 mai 2007** relatif aux caractéristiques thermiques et/ou à la performance énergétique des bâtiments existants.

**Arrêté du 20 décembre 2007** relatif au coût de construction pris en compte pour déterminer la valeur du bâtiment, mentionné à l'article R. 131-26 du code de la construction et de l'habitation.

**Arrêté du 13 juin 2008** relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1 000 mètres carrés, lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants.

**Règlement (CE) n°641/2009** de la Commission du 22 juillet 2009 portant application de la directive 2005/32/CE du Parlement européen et du Conseil concernant les exigences d'écoconception applicables aux circulateurs sans presse-étoupe indépendants et aux circulateurs sans presse-étoupe intégrés dans des produits.

**Règlement (UE) n°622/2012** de la commission du 11 juillet 2012 modifiant le règlement (CE) n°641/2009 concernant les exigences d'écoconception applicables aux circulateurs sans presse-étoupe indépendants et aux circulateurs sans presse-étoupe intégrés dans des produits

**Arrêté du 1<sup>er</sup> février 2010** relatif à la surveillance des légionelles dans les installations de production, de stockage et de distribution d'eau chaude sanitaire.

**Arrêté du 26 octobre 2010** relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.

**Circulaire DGS/EA4 n°2010-44 du 21 décembre 2010** relative aux missions des Agences régionales de santé dans la mise en œuvre de l'arrêté du 1<sup>er</sup> février 2010 relatif à la surveillance des légionelles dans les installations de production, de stockage et de distribution d'eau chaude sanitaire.

**Arrêté du 30 décembre 2011** modifié portant règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d'incendie et de panique

**Arrêté du 28 décembre 2012** relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments autres que ceux concernés par l'article 2 du décret du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.

**Note d'information DGS/EA4 n° 2014-167 du 23 mai 2014** relative à la diffusion du guide du Haut Conseil de la santé publique (HCSP) pour l'investigation et l'aide à la gestion sur le risque lié aux légionelles

**Note d'information n° DGCS/SPA/DGS/EA4/2019/38 du 15 février 2019** relative à la prévention du risque de brûlure par eau chaude sanitaire et du risque de légionellose dans les établissements d'hébergement pour personnes âgées ou pour personnes handicapées.

**Directive (UE) 2020/2184** du parlement européen et du conseil du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

## **Code de la santé publique**

### Partie législative

Première partie : Protection générale de la santé

Livre III : Protection de la santé et environnement

Titre II : Sécurité sanitaire des eaux et des aliments

Chapitre Ier : Eaux potables.

Articles L1321-1 à L1321-10

### Partie réglementaire

Première partie : Protection générale de la santé

Livre III : Protection de la santé et environnement

Titre II : Sécurité sanitaire des eaux et des aliments

Chapitre Ier : Eaux potables

Section 1 : Eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles

Articles R1321-1 à R1321-63



## Références normatives

**NF DTU 45.2**, Travaux d'isolation - Isolation thermique des circuits, appareils et accessoires de - 80°C à + 650°C - avril 2018.

Partie 1-1 : cahier des clauses techniques

Partie 1-2 : critères généraux de choix des matériaux

Partie 2 : cahier des clauses administratives spéciales types

**NF DTU 60.1**, Travaux de bâtiment - Plomberie sanitaire pour bâtiments – décembre 2012

Partie 1-1-1 : Réseaux d'alimentation d'eau froide et chaude sanitaire - Cahier des clauses techniques types

Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux

Partie 1-1-3 : Appareils sanitaires et appareils de production d'eau chaude sanitaire - Cahier des clauses techniques

Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types

A1 : Amendement de décembre 2019

**NF DTU 60.5**, Travaux de bâtiment - Canalisations en cuivre - Distribution d'eau froide et chaude sanitaire, évacuation d'eaux usées, d'eaux pluviales, installations de génie climatique – janvier 2008

Partie 1-1 : cahier des clauses techniques

Partie 1-2 : critères généraux de choix des matériaux

**NF DTU 60.11**, Travaux de bâtiment - Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et d'eaux pluviales - août 2013

Partie 1-1 : réseaux d'alimentation d'eau froide et chaude sanitaire

Partie 1-2 : conception et dimensionnement des réseaux bouclés

**DTU 65.9**, NF P52-304, Travaux de bâtiment - Installations de transport de chaleur ou de froid et d'eau chaude sanitaire entre productions de chaleur ou de froid et bâtiments – Octobre 2000

Partie 1 : cahier des clauses techniques

Partie 2 : cahier des clauses spéciales

**NF EN 806-2**, Spécifications techniques relatives aux installations d'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments - Partie 2 : Conception.

**NF EN 806-3**, Spécifications techniques relatives aux installations d'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments - Partie 3 : Dimensionnement – Méthode simplifiée, Juin 2006.

**NF EN 1717**, Protection contre la pollution de l'eau dans les réseaux intérieurs et exigences générales des dispositifs de protection contre la pollution par retour, Mars 2001.

**NF EN 10088-2**, Aciers inoxydables - Partie 2 : conditions techniques de livraison des tôles et bandes en acier de résistance à la corrosion pour usage général, Décembre 2014

**NF EN 10217-7**, Tubes soudés en acier pour service sous pression - Conditions techniques de livraison - Partie 7 : Tubes en aciers inoxydables, Février 2015

**NF EN 10312**, Tubes soudés en acier inoxydable pour le transport d'eau et d'autres liquides aqueux - Conditions techniques de livraison, Mars 2003

**NF EN ISO 12241**, Isolation thermique des équipements de bâtiment et des installations industrielles - Méthodes de calcul, Août 2010.

**NF EN 12828+A1**, Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Conception des systèmes de chauffage à eau, mai 2014.

**NF EN 14303**, Produits isolants thermiques pour l'équipement du bâtiment et les installations industrielles - Produits manufacturés à base de laines minérales (MW) - Spécification, Janvier 2016

**NF EN 14304**, Produits isolants thermiques pour l'équipement du bâtiment et les installations industrielles - Produits manufacturés en mousse élastomère flexible (FEF) - Spécification, Janvier 2016

**NF EN 14307**, Produits isolants thermiques pour l'équipement du bâtiment et les installations industrielles - Produits manufacturés en mousse de polystyrène extrudé (XPS) – Spécification, Janvier 2016

**NF EN 14308**, Produits isolants thermiques pour l'équipement du bâtiment et les installations industrielles - Produits manufacturés en mousse rigide de polyuréthane (PUR) et en mousse polyisocyanurate (PIR) – Spécification, Janvier 2016

**NF EN 14336**, Systèmes de chauffage dans les bâtiments - Installation et commissionnement des systèmes de chauffage à eau, Mars 2005

**NF EN ISO 15875**, Systèmes de canalisations en plastique pour les installations d'eau chaude et froide. Polyéthylène réticulé (PE-X).

**NF EN ISO 15877**, Systèmes de canalisations en plastique pour les installations d'eau chaude et froide, Poly(chlorure de vinyle) chloré (PVC-C), Mai 2009

**NF EN ISO 21003**, Systèmes de canalisations multicouches pour installations d'eau chaude et froide à l'intérieur des bâtiments, Septembre 2008.

**NF ISO 22391**, Systèmes de canalisations en plastique pour les installations d'eau chaude et froide - Polyéthylène de meilleure résistance à la température (PE-RT), Janvier 2010

## Autres documents

Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France  
**Gestion du risque lié aux légionelles**, Novembre 2001 (*téléchargeable librement*).

Ministères de la Santé et du Logement - Aghm - Crecep - CSTB, **Réseaux d'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments - Partie 1 : Guide technique de conception et de mise en œuvre**, Edition CSTB, Collection : Guide Réglementaire, 2004.

Ministères de la Santé et du Logement - Astee - Crecep - CSTB, **Réseaux d'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments - Partie 2 : Guide technique de maintenance**, Edition CSTB - Collection : Guide Réglementaire, 2005.

Ministère de la Santé, **Guide technique de l'eau dans les établissements de santé**, Juillet 2005 (*téléchargeable librement*).

Ministère de la Santé - ARS - CSTB, Guide technique : **Maîtrise du risque de développement des légionelles dans les réseaux d'eau chaude sanitaire**, Défaillances et préconisations, CSTB Editions, Janvier 2012 (*téléchargeable librement*).

ARS Pays de Loire - CSTB, **Document d'aide à la conception des installations d'eau sanitaire à l'intérieur des bâtiments**, mars 2014 (*téléchargeable librement*).

ARS Pays de Loire - CSTB, **Document d'aide à la conduite et l'entretien des installations d'eau sanitaire à l'intérieur des bâtiments**, mars 2014 (*téléchargeable librement*).

Docteur Fabien Squinazi, **Biofilm et matériaux des réseaux intérieurs de distribution d'eau**, Edition 2013 (*téléchargeable librement*).

COSTIC, **Recommandation AICVF 02-2004 : Eau Chaude Sanitaire**, AICVF, 2004

COSTIC, Guide : **Installations d'eau chaude sanitaire - confort, prévention des risques et maîtrise des consommations**, Règles de l'Art Grenelle Environnement, novembre 2014 (*téléchargeable librement*).

COSTIC, Guide : **Compteurs et capteurs – Bonnes pratiques pour choisir et installer les points de mesure – Règles de l'Art Grenelle Environnement**, Juillet 2015 (*téléchargeable librement*).

COSTIC, Guide technique : **Les besoins d'eau chaude sanitaire en habitat individuel et collectif**, ADEME, mai 2016 (*téléchargeable librement*)

COSTIC, Guide technique : **Le dimensionnement des systèmes de production d'eau chaude sanitaire en habitat individuel et collectif**, ADEME, EDF, CEGIBAT, COSTIC, Juin 2019 (*téléchargeable librement*)

COSTIC, **Vers une meilleure connaissance des besoins d'eau chaude sanitaire en tertiaire**, ADEME, CEGIBAT, COSTIC, septembre 2020 (*téléchargeable librement*)

F.Batard, R. Bourgin (COSTIC), **Pertes de chaleur par les vannes : des résultats de mesures**, Promoclim n°4, 1993.

J. Ligen, M. Le Guay, **Le boussicaud – Pertes de charge**, Editions parisiennes, 2007

SOCOL, **Traitement du bouclage dans les installations de chaleur solaire collective – 2018** (*téléchargeable librement*).

**Calorifugeage des réseaux - neuf, rénovation**, calepin de chantier, PACTE, mai 2020 (*téléchargeable librement*).

# ANNEXES

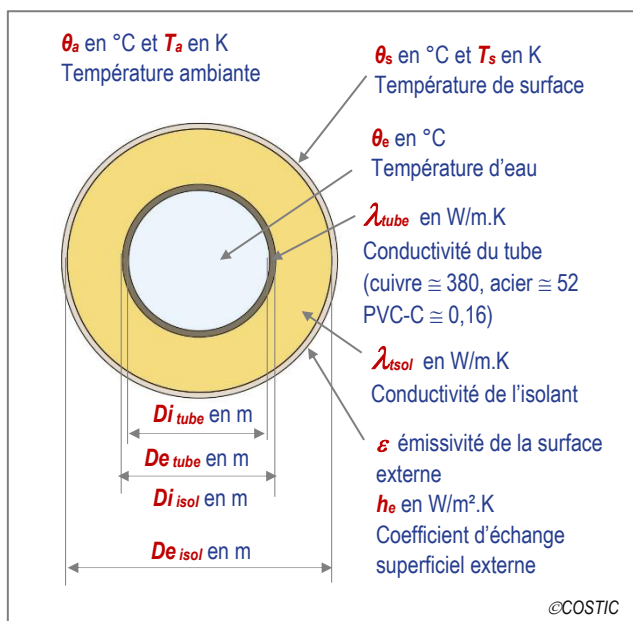
## Annexe 1 : Coefficients de pertes thermiques des canalisations calorifugées

### Formules de calcul du coefficient de pertes thermiques des tubes

Le coefficient de pertes thermiques  $k$  en  $W/m.K$  d'une canalisation calorifugée peut être calculé à partir de l'équation suivante :

$$k = \frac{2 \cdot \pi}{\frac{1}{\lambda_{tube}} \ln \left( \frac{De_{tube}}{Di_{tube}} \right) + \frac{1}{\lambda_{isol}} \ln \left( \frac{De_{isol}}{Di_{isol}} \right) + \frac{2}{h_e \cdot De_{isol}}}$$

Figure 93 Les paramètres pour le calcul des pertes thermiques



Le coefficient d'échange superficiel externe  $h_e$  en  $W/m^2.K$  est lié aux échanges par convection et par rayonnement entre la surface externe de la canalisation calorifugée et l'air ambiant autour de celle-ci. Il peut être déterminé à partir des formules de la norme NF EN ISO 12241 indiquées ci-après.

Ce coefficient étant fonction de la température de surface externe, sa détermination requiert un calcul itératif.

$$h_e = h_c + h_r$$

- Formules de calcul du coefficient de convection  $h_c$  pour des canalisations à l'intérieur du bâtiment en présence d'un écoulement de l'air laminaire (pour  $De_{isol} \cdot (\theta_s - \theta_a) \leq 10 m^3 \cdot K$ ) :

– Pour des canalisations horizontales :

$$h_c = 1,25 \cdot (De_{isol})^{-0,25} \cdot (\theta_s - \theta_a)^{0,25}$$

– Pour des canalisations verticales :

$$h_c = 1,32 \cdot (De_{isol})^{-0,25} \cdot (\theta_s - \theta_a)^{0,25}$$

- Formule de calcul du coefficient d'échange par rayonnement  $h_r$  :

$$h_r = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \epsilon \cdot \frac{T_s^4 - T_a^4}{T_s - T_a}$$

$$\approx 2,83 \cdot 10^{-8} \cdot \epsilon \cdot (T_s + T_a)^3$$

- Formule de calcul approchée du coefficient d'échange superficiel externe  $h_e$  pour des canalisations verticales à l'intérieur du bâtiment :

$$h_e = C_v + 0,09 \cdot (\theta_s - \theta_a)$$

Avec  $C_v = 3,3$  pour un revêtement extérieur en tôle d'aluminium (émissivité  $\epsilon$  de 0,13),

$C_v = 3,6$  pour une feuille aluminium ( $\epsilon$  de 0,18)

et  $C_v = 8,7$  pour des surfaces non métalliques ( $\epsilon$  de 0,94)

- Formule de calcul de la température de surface du tube calorifugé

$$\theta_s = \theta_a + \frac{k \cdot (\theta_e - \theta_a)}{h_e \cdot \pi \cdot De_{isol}}$$

## Note

**Valeur par défaut du coefficient  $h_e$** 

La valeur par défaut de  $h_e$  indiquée dans le NF DTU 60.11 P1-2 pour le calcul des pertes thermiques de bouclage est de de **10 W/m<sup>2</sup>.K**.

**D'un document à l'autre**, selon les hypothèses faites pour la détermination de ce coefficient  $h_e$  (valeur par défaut de  $h_e$ , formules de calcul, valeurs d'émissivité et de conductivité considérées, ...), les valeurs d'épaisseurs indiquées, pour un isolant donné, pour satisfaire une classe d'isolation peuvent différer, surtout pour les classes les plus élevées. Ainsi, une valeur d'épaisseur peut être indiquée comme satisfaisant une classe donnée dans un document ou bien juste la classe inférieure dans un autre document.

Les méthodes de calcul des échanges de chaleur par **convection** reposent toutes sur des éléments empiriques. De **nombreuses équations différentielles**, fondées sur des données de laboratoire ont été développées. Différentes équations sont en usage dans différents pays et aucun moyen exact n'est disponible pour opérer une sélection entre ces équations.

Les équations indiquées ci-avant sont celles de la norme **NF EN ISO 12241** qui porte sur les méthodes de calcul relatives au transfert de chaleur des équipements de bâtiment et des installations industrielles. L'usage de cette norme est imposé par le cahier des clauses administratives spéciales types sur les travaux d'isolation ; le **NF DTU 45.2 P2**.

Les valeurs de coefficient d'échange superficiel obtenues pour des tubes calorifugés à partir de ces formules de calcul varient de **3 à 11 W/m<sup>2</sup>.K**, selon l'émissivité de la surface externe et le niveau d'isolation (voir figure 32 page 38).

**Une valeur plus faible** du coefficient de  $h_e$  conduit à une perte thermique moins élevée.

**Abaques**

Ci-après sont indiquées les valeurs de coefficients de pertes thermiques des canalisations ( $k$  en W/m.K) obtenues pour :

- des tubes en :
  - PVC-C,
  - cuivre,
  - multicouches,
  - acier galvanisé.
- et une isolation en :
  - laine minérale revêtue de PVC ou d'aluminium, présentant une conductivité de 0,035 W/m.K ou de 0,039 W/m.K (pour une température moyenne au sein de l'isolant de 40°C)
  - mousse élastomère flexible, ayant une conductivité de 0,38 W/m.K jusqu'à une épaisseur de 25 mm et de 0,040 W/m.K au-delà (pour une température moyenne de 40°C également).

Pour chaque épaisseur de calorifuge, en fonction du diamètre de tube, il est indiqué la classe d'isolation correspondante par un code couleur.

Ces valeurs ont été calculées à partir des équations de la norme NF EN ISO 12241 indiquées ci-avant pour des tubes verticaux (qui présentent des pertes légèrement supérieures aux tubes horizontaux).

Les valeurs de coefficients de pertes thermiques limites correspondant aux classes d'isolation 1 à 6, telles que définies dans la norme NF EN 12828, ainsi que les équations qui permettent de déterminer ces valeurs sont également indiquées ci-après.



## Tubes en PVC-C

| PVC-C                     | Coefficient de perte thermique en W/m.K<br>des classes 1 à 6 de la norme NF EN 12828 |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|
|                           | 16   | 20   | 25   | 32   | 40   | 50   | 63   | 75   |
| Diamètre extérieur en mm  |  |      |      |      |      |      |      |      |
| classe 1 (3.3 x d + 0.22) | 0,27   | 0,29 | 0,30 | 0,33 | 0,35 | 0,39 | 0,43 | 0,47 |
| classe 2 (2.6 x d + 0.2)  | 0,24   | 0,25 | 0,27 | 0,28 | 0,30 | 0,33 | 0,36 | 0,40 |
| classe 3 (2 x d + 0.18)   | 0,21   | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,31 | 0,33 |
| classe 4 (1.5 x d + 0.16) | 0,18   | 0,19 | 0,20 | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,25 | 0,27 |
| classe 5 (1.1 x d + 0.14) | 0,16   | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,20 | 0,21 | 0,22 |
| classe 6 (0.8 x d + 0.12) | 0,13   | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,18 |

\* d : diamètre extérieur du tube nu exprimé en m

| PVC-C  |   | Coefficient de perte thermique en W/m.K<br>en fonction des épaisseurs de calorifuge |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Diamètre extérieur en mm   |   | 16  | 20   | 25   | 32   | 40   | 50   | 63   | 75   |      |
| Epaisseurs de laine minérale de conductivité de 0.035 W/m.K  | Revetement aluminium (émissivité de 0,18) | 20 mm   | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,33 | 0,38 |
|  |   | 25 mm   | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,29 | 0,33 |
|  |   | 30 mm   | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,18 | 0,20 | 0,23 | 0,27 | 0,30 |
|  |   | 40 mm   | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,20 | 0,23 | 0,25 |
|  |   | 50 mm   | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,22 |
|  |   | 60 mm   |      | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 |
|  |   | 70 mm   |      |      | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,19 |
|  |   | 80 mm   |      |      |      | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,17 |
|  |   | 90 mm   |      |      |      |      | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,16 |
|  | 100 mm                                    |   |      |      |      |      | 0,13 | 0,14 | 0,16 |      |
|  | Revetement PVC (émissivité de 0,94)       | 20 mm   | 0,15 | 0,17 | 0,20 | 0,23 | 0,27 | 0,31 | 0,36 | 0,41 |
|  |   | 25 mm   | 0,14 | 0,15 | 0,18 | 0,20 | 0,24 | 0,27 | 0,32 | 0,36 |
|  |   | 30 mm   | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,19 | 0,21 | 0,24 | 0,29 | 0,32 |
|  |   | 40 mm   | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,27 |
|  |   | 50 mm   | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,24 |
|  |   | 60 mm   |      | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,21 |
|  |   | 70 mm   |      |      | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,19 |
|  |   | 80 mm   |      |      |      | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,18 |
| 90 mm  |   |   |      |      |      | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,17 |      |
| 100 mm   |   |   |      |      |      | 0,13 | 0,15 | 0,16 |      |      |
| Epaisseurs de laine minérale de conductivité de 0.039 W/m.K  | Revetement aluminium (émissivité de 0,18) | 20 mm   | 0,16 | 0,17 | 0,20 | 0,23 | 0,27 | 0,31 | 0,36 | 0,41 |
|  |   | 25 mm   | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,27 | 0,32 | 0,36 |
|  |   | 30 mm   | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,29 | 0,33 |
|  |   | 40 mm   | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,28 |
|  |   | 50 mm   | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,25 |
|  |   | 60 mm   |      | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,22 |
|  |   | 70 mm   |      |      | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,19 | 0,21 |
|  |   | 80 mm   |      |      |      | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,19 |
|  |   | 90 mm   |      |      |      |      | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,18 |
|  | 100 mm                                    |   |      |      |      |      | 0,14 | 0,16 | 0,17 |      |
|  | Revetement PVC (émissivité de 0,94)       | 20 mm   | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,29 | 0,34 | 0,40 | 0,45 |
|  |   | 25 mm   | 0,15 | 0,17 | 0,20 | 0,23 | 0,26 | 0,30 | 0,35 | 0,39 |
|  |   | 30 mm   | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,23 | 0,27 | 0,31 | 0,35 |
|  |   | 40 mm   | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,23 | 0,26 | 0,30 |
|  |   | 50 mm   | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,23 | 0,26 |
|  |   | 60 mm   |      | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,19 | 0,21 | 0,23 |
|  |   | 70 mm   |      |      | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,21 |
|  |   | 80 mm   |      |      |      | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 |
| 90 mm  |   |   |      |      |      | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,19 |      |
| 100 mm   |   |   |      |      |      | 0,14 | 0,16 | 0,18 |      |      |
| Epaisseurs de mousse élastomère flexible (conductivité de 0.038 W/m.K au-delà, émissivité de 0,94) | 13 mm                                     | 0,20  | 0,23 | 0,26 | 0,31 |      |      |      |      |      |
|  | 19 mm                                     | 0,17  | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,29 | 0,34 | 0,40 | 0,46 |      |
|  | 25 mm                                     | 0,15  | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,29 | 0,34 | 0,39 |      |
|  | 32 mm                                     | 0,14  | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,23 | 0,27 | 0,31 | 0,35 |      |
|  | 40 mm                                     | 0,13  | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,23 | 0,27 | 0,30 |      |
|  | 50 mm                                     | 0,12  | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,27 |      |
|  | 60 mm                                     |   | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,24 |      |
| 72 mm  |   |   | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,20 | 0,22 |      |      |

©COSTIC

Exemple : Pour une canalisation PVC-C de 16 mm de diamètre extérieur, l'épaisseur minimale en mousse élastomère flexible qui permet de satisfaire la classe 4 (perte de moins de 0,18 W/m.K) est de 19 mm. Avec cette épaisseur, le coefficient de perte est de 0,17 W/m.K

## Tubes en cuivre

| Cuivre                    | Coefficient de perte thermique en W/m.K<br>des classes 1 à 6 de la norme NF EN 12828 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|---------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                           | 14   | 15   | 16   | 18   | 22   | 28   | 35   | 40   | 42   | 54   | 64   |  |
| Diamètre extérieur en mm  |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| classe 1 (3.3 x d + 0.22) | 0,27   | 0,27 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,31 | 0,34 | 0,35 | 0,36 | 0,40 | 0,43 |  |
| classe 2 (2.6 x d + 0.2)  | 0,24   | 0,24 | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 0,27 | 0,29 | 0,30 | 0,31 | 0,34 | 0,37 |  |
| classe 3 (2 x d + 0.18)   | 0,21   | 0,21 | 0,21 | 0,22 | 0,22 | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 0,26 | 0,29 | 0,31 |  |
| classe 4 (1.5 x d + 0,16) | 0,18   | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,19 | 0,20 | 0,21 | 0,22 | 0,22 | 0,24 | 0,26 |  |
| classe 5 (1.1 x d + 0,14) | 0,16   | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,20 | 0,21 |  |
| classe 6 (0.8 x d + 0.12) | 0,13   | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,17 |  |

\* d : diamètre extérieur du tube nu exprimé en m

| Cuivre  |   | Coefficient de perte thermique en W/m.K<br>en fonction des épaisseurs de calorifuge |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Diamètre extérieur en mm  |   | 14  | 15   | 16   | 18   | 22   | 28   | 35   | 40   | 42   | 54   | 64   |      |
| Epaisseurs de laine minérale de conductivité de 0.035 W/m.K   | Revetement aluminium (émissivité de 0,18) | 20 mm   | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,23 | 0,26 | 0,26 | 0,31 | 0,36 |
|   |   | 25 mm   | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,23 | 0,23 | 0,28 | 0,31 |
|   |   | 30 mm   | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,21 | 0,25 | 0,28 |
|   |   | 40 mm   | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,21 | 0,24 |
|   |   | 50 mm   | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,19 | 0,21 |
|   |   | 60 mm   |      |      |      | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,17 | 0,19 |
|   |   | 70 mm   |      |      |      |      |      | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,16 | 0,18 |
|   |   | 80 mm   |      |      |      |      |      |      | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 0,15 | 0,16 |
|   |   | 90 mm   |      |      |      |      |      |      |      | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 |
|   |   | 100 mm  |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,12 | 0,13 | 0,15 |
|   | Revetement PVC (émissivité de 0,94)       | 20 mm   | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,28 | 0,29 | 0,35 | 0,39 |
|   |   | 25 mm   | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,20 | 0,22 | 0,24 | 0,25 | 0,30 | 0,34 |
|   |   | 30 mm   | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | 0,23 | 0,27 | 0,30 |
|   |   | 40 mm   | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,19 | 0,23 | 0,25 |
|   |   | 50 mm   | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,20 | 0,22 |
|   |   | 60 mm   |      |      |      | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,20 |
|   |   | 70 mm   |      |      |      |      |      | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,17 | 0,18 |
|   |   | 80 mm   |      |      |      |      |      |      | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,17 |
|   |   | 90 mm   |      |      |      |      |      |      |      | 0,13 | 0,13 | 0,15 | 0,16 |
|   |   | 100 mm  |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,12 | 0,14 | 0,15 |
| Epaisseurs de laine minérale de conductivité de 0.039 W/m.K   | Revetement aluminium (émissivité de 0,18) | 20 mm   | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,26 | 0,28 | 0,29 | 0,34 | 0,39 |
|   |   | 25 mm   | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,23 | 0,25 | 0,26 | 0,30 | 0,34 |
|   |   | 30 mm   | 0,13 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,23 | 0,23 | 0,27 | 0,31 |
|   |   | 40 mm   | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,20 | 0,23 | 0,26 |
|   |   | 50 mm   | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,18 | 0,21 | 0,23 |
|   |   | 60 mm   |      |      |      | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,19 | 0,21 |
|   |   | 70 mm   |      |      |      |      |      | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,19 |
|   |   | 80 mm   |      |      |      |      |      |      | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,18 |
|   |   | 90 mm   |      |      |      |      |      |      |      | 0,14 | 0,14 | 0,16 | 0,17 |
|   |   | 100 mm  |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,13 | 0,15 | 0,16 |
|   | Revetement PVC (émissivité de 0,94)       | 20 mm   | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,31 | 0,32 | 0,38 | 0,43 |
|   |   | 25 mm   | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,27 | 0,28 | 0,33 | 0,37 |
|   |   | 30 mm   | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,17 | 0,20 | 0,22 | 0,24 | 0,25 | 0,30 | 0,33 |
|   |   | 40 mm   | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,21 | 0,25 | 0,28 |
|   |   | 50 mm   | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,19 | 0,22 | 0,24 |
|   |   | 60 mm   |      |      |      | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,20 | 0,22 |
|   |   | 70 mm   |      |      |      |      |      | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,18 | 0,20 |
|   |   | 80 mm   |      |      |      |      |      |      | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,17 | 0,19 |
|   |   | 90 mm   |      |      |      |      |      |      |      | 0,14 | 0,14 | 0,16 | 0,18 |
|   |   | 100 mm  |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,14 | 0,15 | 0,17 |
| Epaisseurs de mousse élastomère flexible (conductivité de 0.038 jusqu'à 25 mm et 0.040 W/m.K au-delà, émissivité de 0,94) | 13 mm                                     | 0,19  | 0,20 | 0,21 | 0,22 | 0,25 | 0,30 |      |      |      |      |      |      |
|   | 19 mm                                     | 0,16  | 0,17 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,31 | 0,32 | 0,38 |      |      |
|   | 25 mm                                     | 0,14  | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,26 | 0,27 | 0,32 | 0,37 |      |
|   | 32 mm                                     | 0,14  | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,24 | 0,25 | 0,29 | 0,33 |      |
|   | 40 mm                                     | 0,13  | 0,13 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,20 | 0,21 | 0,22 | 0,26 | 0,29 |      |
|   | 50 mm                                     | 0,12  | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,19 | 0,20 | 0,23 | 0,25 |      |
|   | 60 mm                                     |   |      | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,20 | 0,23 |      |
| 72 mm   |   |   |      | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,19 | 0,20 |      |      |

©COSTIC

Exemple : Pour une canalisation cuivre de 14 mm de diamètre extérieur, l'épaisseur minimale en mousse élastomère flexible qui permet de satisfaire la classe 4 (perte de moins de 0,18 W/m.K) est de 19 mm. Avec cette épaisseur, le coefficient de perte est de 0,16 W/m.K

## Tubes multicouches

| Multicouches              | Coefficient de perte thermique en W/m.K<br>des classes 1 à 6 de la norme NF EN 12828 |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|
|                           | 16   | 18   | 20   | 26   | 32   | 40   | 50   | 63   |
| Diamètre extérieur en mm  |  |      |      |      |      |      |      |      |
| classe 1 (3.3 x d + 0.22) | 0,27   | 0,28 | 0,29 | 0,31 | 0,33 | 0,35 | 0,39 | 0,43 |
| classe 2 (2.6 x d + 0.2)  | 0,24   | 0,25 | 0,25 | 0,27 | 0,28 | 0,30 | 0,33 | 0,36 |
| classe 3 (2 x d + 0.18)   | 0,21   | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,31 |
| classe 4 (1.5 x d + 0.16) | 0,18   | 0,19 | 0,19 | 0,20 | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,25 |
| classe 5 (1.1 x d + 0.14) | 0,16   | 0,16 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,20 | 0,21 |
| classe 6 (0.8 x d + 0.12) | 0,13   | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,17 |

\* d : diamètre extérieur du tube nu exprimé en m

| Multicouches  |   | Coefficient de perte thermique en W/m.K<br>en fonction des épaisseurs de calorifuge |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Diamètre extérieur en mm  |   | 16  | 18   | 20   | 26   | 32   | 40   | 50   | 63   |      |
| Epaisseurs de laine minérale de conductivité de 0.035 W/m.K   | Revetement aluminium (émissivité de 0,18) | 20 mm   | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,29 | 0,34 |
|   |   | 25 mm   | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,26 | 0,30 |
|   |   | 30 mm   | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,23 | 0,27 |
|   |   | 40 mm   | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,23 |
|   |   | 50 mm   | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 |
|   |   | 60 mm   |      | 0,10 | 0,10 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,19 |
|   |   | 70 mm   |      |      |      | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,17 |
|   |   | 80 mm   |      |      |      |      | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,16 |
|   |   | 90 mm   |      |      |      |      |      |      | 0,13 | 0,15 |
|   | 100 mm                                    |   |      |      |      |      |      | 0,13 | 0,14 |      |
|   | Revetement PVC (émissivité de 0,94)       | 20 mm   | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,27 | 0,32 | 0,38 |
|   |   | 25 mm   | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,33 |
|   |   | 30 mm   | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,29 |
|   |   | 40 mm   | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,19 | 0,21 | 0,25 |
|   |   | 50 mm   | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,22 |
|   |   | 60 mm   |      | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,19 |
|   |   | 70 mm   |      |      |      | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 |
|   |   | 80 mm   |      |      |      |      | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,17 |
| 90 mm   |   |   |      |      |      |      |      | 0,14 | 0,16 |      |
| 100 mm  |   |   |      |      |      |      | 0,13 | 0,15 |      |      |
| Epaisseurs de laine minérale de conductivité de 0.039 W/m.K   | Revetement aluminium (émissivité de 0,18) | 20 mm   | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,27 | 0,32 | 0,37 |
|   |   | 25 mm   | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,19 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,33 |
|   |   | 30 mm   | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,20 | 0,22 | 0,26 | 0,30 |
|   |   | 40 mm   | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,25 |
|   |   | 50 mm   | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,20 | 0,23 |
|   |   | 60 mm   |      | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 |
|   |   | 70 mm   |      |      |      | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,19 |
|   |   | 80 mm   |      |      |      |      | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 |
|   |   | 90 mm   |      |      |      |      |      |      | 0,15 | 0,17 |
|   | 100 mm                                    |   |      |      |      |      |      | 0,14 | 0,16 |      |
|   | Revetement PVC (émissivité de 0,94)       | 20 mm   | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,23 | 0,26 | 0,30 | 0,35 | 0,41 |
|   |   | 25 mm   | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,20 | 0,23 | 0,26 | 0,31 | 0,36 |
|   |   | 30 mm   | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,32 |
|   |   | 40 mm   | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,23 | 0,27 |
|   |   | 50 mm   | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,24 |
|   |   | 60 mm   |      | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,21 |
|   |   | 70 mm   |      |      |      | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,20 |
|   |   | 80 mm   |      |      |      |      | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,18 |
| 90 mm   |   |   |      |      |      |      | 0,14 | 0,15 | 0,17 |      |
| 100 mm  |   |   |      |      |      |      | 0,15 | 0,16 |      |      |
| Epaisseurs de mousse élastomère flexible (conductivité de 0.038 jusqu'à 25 mm et 0.040 W/m.K au-delà, émissivité de 0,94) | 13 mm                                     | 0,20  | 0,22 | 0,23 | 0,28 | 0,32 |      |      |      |      |
|   | 19 mm                                     | 0,17  | 0,18 | 0,19 | 0,23 | 0,26 | 0,30 | 0,35 | 0,42 |      |
|   | 25 mm                                     | 0,15  | 0,16 | 0,17 | 0,20 | 0,22 | 0,26 | 0,30 | 0,35 |      |
|   | 32 mm                                     | 0,14  | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,27 | 0,32 |      |
|   | 40 mm                                     | 0,13  | 0,14 | 0,14 | 0,17 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,28 |      |
|   | 50 mm                                     | 0,12  | 0,13 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,24 |      |
|   | 60 mm                                     |   | 0,12 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,22 |      |
| 72 mm   |   |   |      | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 |      |      |

©COSTIC

Exemple : Pour une canalisation multicouches de 16 mm de diamètre extérieur, l'épaisseur minimale en mousse élastomère flexible qui permet de satisfaire la classe 4 (perte de moins de 0,18 W/m.K) est de 19 mm. Avec cette épaisseur, le coefficient de perte est de 0,17 W/m.K

## Tubes en acier galvanisé

| Acier galvanisé           | Coefficient de perte thermique en W/m.K<br>des classes 1 à 6 de la norme NF EN 12828 |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|
|                           | DN   | DN15 | DN20 | DN25 | DN32 | DN40 | DN50 | DN60 |
| Diamètre extérieur en mm  | 21,3   | 26,9 | 33,7 | 42,4 | 48,3 | 60,3 | 70   |      |
| classe 1 (3.3 x d + 0.22) | 0,29   | 0,31 | 0,33 | 0,36 | 0,38 | 0,42 | 0,45 |      |
| classe 2 (2.6 x d + 0.2)  | 0,26   | 0,27 | 0,29 | 0,31 | 0,33 | 0,36 | 0,38 |      |
| classe 3 (2 x d + 0.18)   | 0,22   | 0,23 | 0,25 | 0,26 | 0,28 | 0,30 | 0,32 |      |
| classe 4 (1.5 x d + 0.16) | 0,19   | 0,20 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,25 | 0,27 |      |
| classe 5 (1.1 x d + 0.14) | 0,16   | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,19 | 0,21 | 0,22 |      |
| classe 6 (0.8 x d + 0.12) | 0,14   | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,18 |      |

\* d : diamètre extérieur du tube nu exprimé en m

| Acier galvanisé   |   |       | Coefficient de perte thermique en W/m.K<br>en fonction des épaisseurs de calorifuge |      |      |      |      |      |      |
|---|---|-------|---|------|------|------|------|------|------|
| DN  |   |       | DN15  | DN20 | DN25 | DN32 | DN40 | DN50 | DN60 |
| Diamètre extérieur en mm  |   |       | 21,3  | 26,9 | 33,7 | 42,4 | 48,3 | 60,3 | 70   |
| Epaisseurs de laine minérale de conductivité de 0.035 W/m.K   | Revetement aluminium (émissivité de 0,18) | 20 mm | 0,17  | 0,20 | 0,23 | 0,27 | 0,29 | 0,34 | 0,38 |
|   |   | 25 mm | 0,16  | 0,18 | 0,20 | 0,24 | 0,26 | 0,30 | 0,33 |
|   |   | 30 mm | 0,14  | 0,16 | 0,19 | 0,21 | 0,23 | 0,27 | 0,30 |
|   |   | 40 mm | 0,13  | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,23 | 0,25 |
|   |   | 50 mm | 0,12  | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,22 |
|   |   | 60 mm | 0,11  | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,20 |
|   |   | 70 mm |   | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,18 |
|   |   | 80 mm |   |      | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,17 |
|   |   | 90 mm |   |      |      | 0,13 | 0,13 | 0,15 | 0,16 |
|   | 100 mm                                    |       |   |      |      | 0,13 | 0,14 | 0,15 |      |
|   | Revetement PVC (émissivité de 0,94)       | 20 mm | 0,19  | 0,21 | 0,25 | 0,29 | 0,32 | 0,38 | 0,42 |
|   |   | 25 mm | 0,17  | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,28 | 0,33 | 0,36 |
|   |   | 30 mm | 0,15  | 0,17 | 0,20 | 0,23 | 0,25 | 0,29 | 0,32 |
|   |   | 40 mm | 0,13  | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,24 | 0,27 |
|   |   | 50 mm | 0,12  | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,23 |
|   |   | 60 mm | 0,11  | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,19 | 0,21 |
|   |   | 70 mm |   | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,19 |
|   |   | 80 mm |   |      | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,18 |
| 90 mm   |   |       |   |      | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,17 |      |
| 100 mm  |   |       |   |      | 0,13 | 0,15 | 0,16 |      |      |
| Epaisseurs de laine minérale de conductivité de 0.039 W/m.K   | Revetement aluminium (émissivité de 0,18) | 20 mm | 0,19  | 0,22 | 0,25 | 0,29 | 0,32 | 0,37 | 0,41 |
|   |   | 25 mm | 0,17  | 0,20 | 0,22 | 0,26 | 0,28 | 0,33 | 0,36 |
|   |   | 30 mm | 0,16  | 0,18 | 0,20 | 0,24 | 0,26 | 0,30 | 0,33 |
|   |   | 40 mm | 0,14  | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | 0,25 | 0,28 |
|   |   | 50 mm | 0,13  | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | 0,24 |
|   |   | 60 mm | 0,12  | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,18 | 0,20 | 0,22 |
|   |   | 70 mm |   | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,19 | 0,20 |
|   |   | 80 mm |   |      | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,19 |
|   |   | 90 mm |   |      |      | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,18 |
|   | 100 mm                                    |       |   |      |      | 0,14 | 0,16 | 0,17 |      |
|   | Revetement PVC (émissivité de 0,94)       | 20 mm | 0,21  | 0,24 | 0,27 | 0,32 | 0,35 | 0,41 | 0,46 |
|   |   | 25 mm | 0,18  | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,31 | 0,36 | 0,40 |
|   |   | 30 mm | 0,17  | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,28 | 0,32 | 0,36 |
|   |   | 40 mm | 0,15  | 0,17 | 0,19 | 0,22 | 0,23 | 0,27 | 0,30 |
|   |   | 50 mm | 0,13  | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,24 | 0,26 |
|   |   | 60 mm | 0,12  | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,23 |
|   |   | 70 mm |   | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,20 | 0,21 |
|   |   | 80 mm |   |      | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,20 |
| 90 mm   |   |       |   |      | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,19 |      |
| 100 mm  |   |       |   |      | 0,15 | 0,16 | 0,18 |      |      |
| Epaisseurs de mousse élastomère flexible (conductivité de 0.038 jusqu'à 25 mm et 0.040 W/m.K au-delà, émissivité de 0,94) | 13 mm                                     | 0,25  | 0,29  | 0,34 | 0,40 | 0,45 |      |      |      |
|   | 19 mm                                     | 0,21  | 0,24  | 0,27 | 0,32 | 0,35 | 0,42 | 0,47 |      |
|   | 25 mm                                     | 0,18  | 0,21  | 0,24 | 0,27 | 0,30 | 0,35 | 0,39 |      |
|   | 32 mm                                     | 0,17  | 0,19  | 0,22 | 0,25 | 0,27 | 0,31 | 0,35 |      |
|   | 40 mm                                     | 0,15  | 0,17  | 0,19 | 0,22 | 0,24 | 0,28 | 0,30 |      |
|   | 50 mm                                     | 0,14  | 0,15  | 0,17 | 0,20 | 0,21 | 0,24 | 0,27 |      |
|   | 60 mm                                     | 0,13  | 0,14  | 0,16 | 0,18 | 0,19 | 0,22 | 0,24 |      |
| 72 mm   | 0,12                                      | 0,13  | 0,15  | 0,16 | 0,17 | 0,20 | 0,22 |      |      |

©COSTIC

Exemple : Pour une canalisation en acier galvanisé en DN15, l'épaisseur minimale en mousse élastomère flexible qui permet de satisfaire la classe 4 (perte de moins de 0,19 W/m.K) est de 25 mm. Avec cette épaisseur, le coefficient de perte est de 0,18 W/m.K

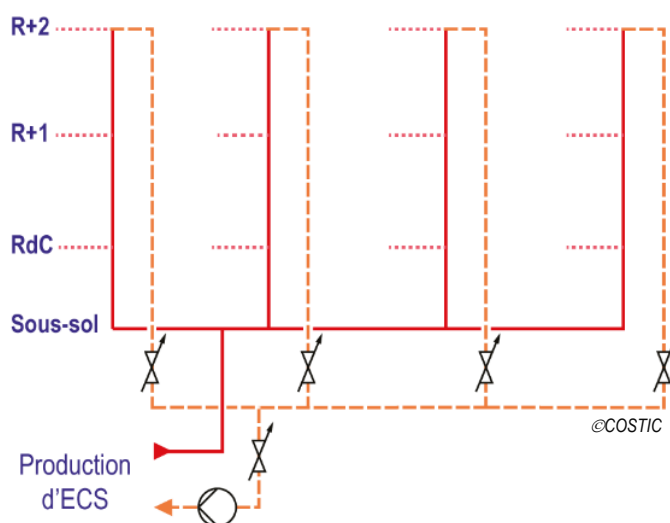
## Annexe 2 : Comparaison des dépenses énergétiques et des coûts d'investissement entre une isolation de classe 2 et 4

Ci-après sont présentés les gains énergétiques et le surcoût engendré par une isolation de classe 4 par rapport à une classe 2, pour l'exemple de l'immeuble de 12 logements traité dans ce guide. Les temps de retour varient de manière importante selon les isolants choisis et les prix des énergies. Ainsi, l'augmentation du coût de la mousse élastomère flexible est très importante lorsque les épaisseurs croissent. Avec des laines minérales, cette augmentation est plus faible.

Figure 94

### Le temps de retour pour amortir le surcoût d'une isolation en mousse élastomère flexible d'une classe 4 au lieu d'une classe 2 varie de 5 à 11 ans pour l'exemple traité, selon le coût de l'énergie

Résultats obtenus pour l'exemple de l'immeuble de 12 logements représenté ci-après.



|   |                                      | Isolation de classe 2  | Isolation de classe 4   | Ecart entre une classe 2 et 4        |
|---|--------------------------------------|--|---|--------------------------------------|
| Longueurs, diamètres intérieurs et épaisseurs de mousse élastomère flexible     |                                      | 83 m, Ø 16 à 25 mm, épaisseur 13 mm<br>45 m, Ø 32 à 40 mm, 20 mm | 58 m, Ø 16 à 20 mm, 19 mm<br>25 m, Ø 25 mm, 25 mm<br>21 m, Ø 32 mm, 32 mm<br>24 m, Ø 40 mm, 40 mm |                                      |
| Coût d'investissement pour la mousse élastomère flexible (fourniture et pose) * |                                      | 2 370 € TTC  | 4 070 € TTC   | 1 700 €<br><b>+71%</b>               |
| Pertes thermiques annuelles du bouclage en kWh et % des besoins d'ECS*          |                                      | 9 845 kWh<br><b>70%</b>  | 7 745 kWh<br><b>55%</b>   | 2 100 kWh<br><b>-21%</b>             |
| Dépenses énergétiques correspondantes pour un réchauffage du bouclage par       | une chaudière gaz*                   | 720 € TTC  | 565 € TTC   | Temps de retour brut : <b>11 ans</b> |
|   | un réchauffeur de boucle électrique* | 1 575 € TTC  | 1 240 € TTC   |                                      |

\* Prix de fourniture et pose de l'isolant des canalisations déterminés à partir de Batiprix 2018 et des prix publics de mousse élastomère (catalogue Ouest Isol).

Besoins d'ECS moyens journaliers de 125 l à 40°C par logement standard, Rendement du système de production d'ECS et des chaudières considéré de 0,7



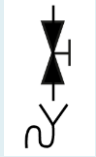
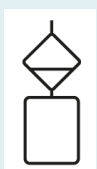

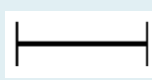







Prix du gaz en 2018 en tarif B2i en zone 2 de 5,7 c€/TTC et prix de l'électricité en 2018 d'après l'enquête d'Eurostat (tranche DD) de 16 c€/TTC

Isolation des singularités non prise en compte dans ce comparatif car identique quelle que soit la classe d'isolation.



### Annexe 3 : Symboles des schémas de principe

Ci-après, la nomenclature des symboles utilisés dans ce guide.

| Symbole   | Signification  | Symbole   | Signification  |
|---|--|---|--|
|    | Vanne d'arrêt ou d'isolement                             |    | Purgeurs d'air   |
|    | Vanne de vidange et de chasse avec l'évacuation          |    | Séparateur d'air   |
|    | Organe d'équilibrage                                     |   | Tube témoin  |
|   | Mitigeur thermostatique ou vanne à trois voies motorisée |   | Prise d'eau  |
|  | Circulateur  |  | Appareil de mesure de température  |
|  | Clapet de non-retour                                     |  | Ensemble de protection EA constitué d'un clapet de non-retour anti-pollution contrôlable et d'une vanne d'arrêt en amont |
|  | Compteur d'eau   |   |  |