



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

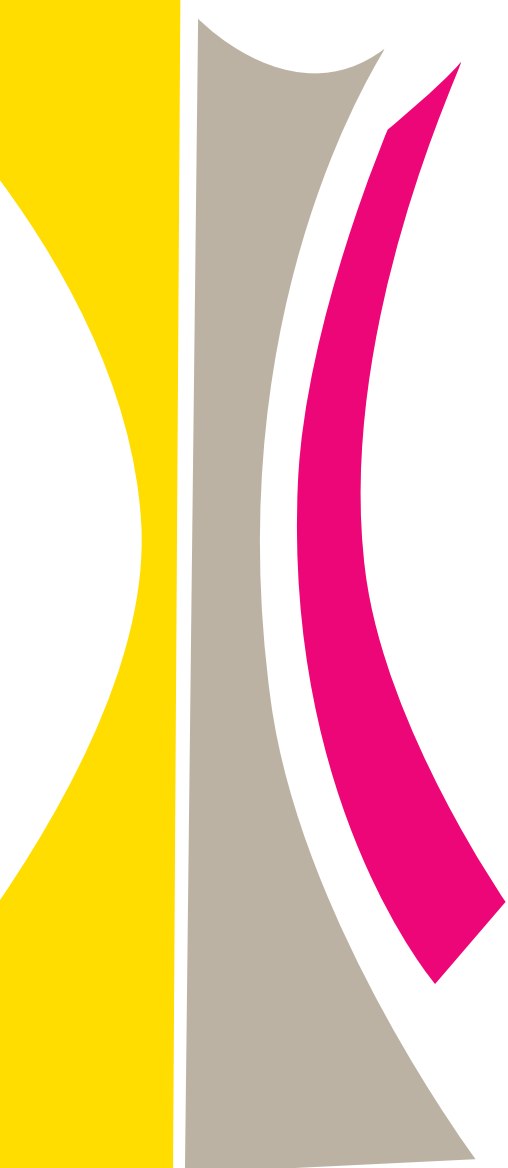
GUIDE

INSTALLATIONS D'EAU CHAUDE SANITAIRE

CONFORT, PRÉVENTION DES RISQUES ET MAÎTRISE
DES CONSOMMATIONS

NOVEMBRE 2014

NEUF-RENOVATION



ÉDITO

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

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

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

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

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

Alain MAUGARD

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



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

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

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

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

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

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

Sommaire



1 - INTRODUCTION 7

2 - La satisfaction du confort des usagers 9

- 2.1. • La satisfaction des besoins d'ECS 9
- 2.2. • La limitation des temps d'attente 11
- 2.3. • Les exigences acoustiques 13

3 - La prévention des risques sanitaires et le respect des règles de sécurité 17

- 3.1. • Les différents risques sanitaires liés à l'ECS 17
 - 3.1.1. • Le risque lié aux légionelles 18
 - 3.1.2. • Le risque de brûlures 20
- 3.2. • Les exigences réglementaires et para-réglementaires sur la prévention des risques sanitaires 22
 - 3.2.1. • Les règles générales sur les eaux potables 22
 - 3.2.2. • Les produits et procédés pour le traitement de l'eau et la désinfection 24
 - 3.2.3. • La protection contre le risque de pollution par retour d'eau 25
 - 3.2.4. • La protection contre le risque de pollution par le fluide caloporteur 27
 - 3.2.5. • Les limitations de température 28
 - 3.2.6. • Les autres textes sur la prévention du risque lié aux légionelles 31
- 3.3. • Les exigences réglementaires sur la sécurité des équipements 33

4 - La maîtrise des consommations énergétiques 35

- 4.1. • Les différents postes de consommation 35
- 4.2. • Les exigences réglementaires 39
 - 4.2.1. • Les exigences sur les performances des systèmes 41
 - 4.2.2. • Les exigences sur le comptage 43
- 4.3. • La limitation des besoins 45
 - 4.3.1. • L'optimisation de la distribution 45
 - 4.3.2. • La réduction de la pression 47
 - 4.3.3. • Le choix des équipements sanitaires 48
 - 4.3.4. • L'optimisation des pratiques 54
- 4.4. • La limitation des pertes thermiques 55
- 4.5. • Le choix du système de production d'ECS 59
 - 4.5.1. • Les systèmes de production individuelle d'ECS indépendants du chauffage 61
 - 4.5.2. • Les systèmes de production individuelle assurant l'ECS et le chauffage 70
 - 4.5.3. • Les systèmes de production collective d'ECS 80

5 - Les NF DTU et les Recommandations professionnelles 98

- 5.1. • Les NF DTU sur les installations de plomberie sanitaire 98
 - 5.1.1. • Le NF DTU 60.1 98
 - 5.1.2. • Le NF DTU 60.11 100
- 5.2. • Les Recommandations professionnelles 101

6 - Références	102
6.1. • Références réglementaires	102
6.2. • Références normatives	105
6.3. • Recommandations professionnelles et guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »	106
6.4. • Autres documents	107
7 - Annexe	110
ANNEXE 1 : COEFFICIENTS DE PERTES THERMIQUES DES CANALISATIONS CALORIFUGÉES	111

INTRODUCTION

1



Dans le cadre du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » (RAGE), plusieurs Recommandations professionnelles ont été établies sur différents systèmes de production d'eau chaude sanitaire (ECS).

L'objet de ce guide est de traiter des problématiques transverses liées aux installations d'ECS. Il a pour but de donner une vision globale de l'ensemble des exigences à satisfaire par ces installations et des leviers sur lesquels agir pour limiter les consommations. Les actions à mener pour réduire l'impact énergétique de l'ECS ne se limitent pas à installer un équipement de production performant. L'ensemble de l'installation ainsi que son usage sont à considérer. La recherche de la meilleure efficacité énergétique ne doit pas non plus faire oublier les autres exigences importantes de confort et de sécurité sanitaire auxquelles ces installations doivent répondre.

Ce guide porte sur la conception des installations individuelles et collectives, en neuf et en rénovation, principalement en habitat. La structure adoptée consiste à présenter successivement les différentes exigences à satisfaire :

- Le premier chapitre du guide est consacré aux aspects de confort. Il évoque les attentes des usagers vis-à-vis de ce service. Confort et économie doivent en effet aller de pair ;
- Le second chapitre porte sur la prévention des risques sanitaires et les règles de sécurité. Il décrit les risques sanitaires liés à ces installations et les principales exigences réglementaires et para-réglementaires dans ce domaine. Le développement des légionelles n'est qu'un des risques sanitaires. Les principaux textes réglementaires sur la sécurité des équipements sont également évoqués ;
- Le troisième chapitre traite de la maîtrise des consommations. Il présente une démarche globale d'optimisation et les différentes

actions afférentes au niveau des terminaux, de la distribution et de la production d'ECS. Les principales caractéristiques, atouts et contraintes d'une trentaine de solutions de production sont exposées pour permettre au concepteur de choisir la mieux adaptée à son projet. Les exigences réglementaires en matière d'efficacité énergétique liées à ces installations sont également rappelées ;

- Le dernier chapitre présente les règles de l'art liées à ces installations : NF DTU et Recommandations professionnelles rédigées dans le cadre du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Ce guide est abondamment illustré par des exemples et des schémas. Le poids des différents postes énergétiques d'une installation d'ECS et les actions à mener pour les limiter sont présentés à travers l'exemple d'un immeuble de 40 logements et d'une maison individuelle. Des ordres de grandeur de consommation en kWh/m²Shab.an sont donnés à travers ces exemples.

La satisfaction du confort des usagers

2

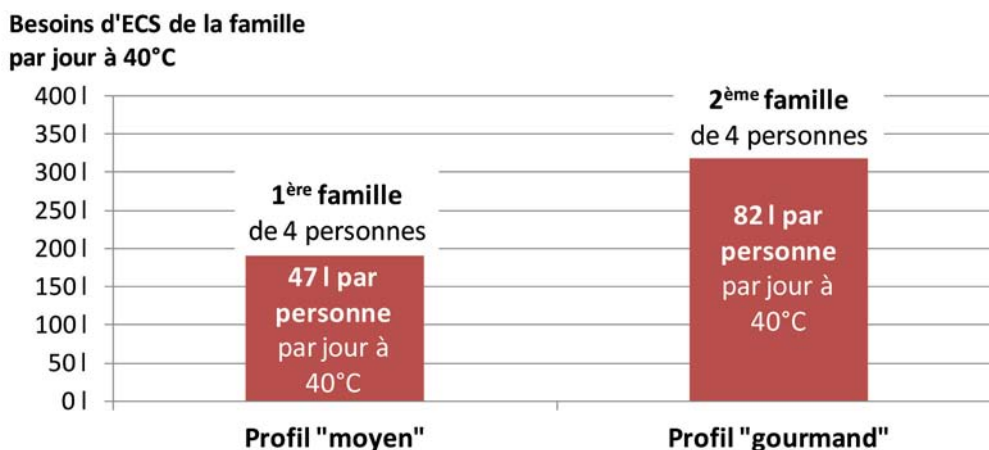


Les attentes de confort des usagers vis-à-vis des installations d'ECS sont importantes. L'objectif de ce chapitre est de présenter ces exigences. Elles portent sur la satisfaction des besoins d'ECS, en tout premier lieu, puis sur les temps d'attente et sur la limitation des nuisances sonores.

2.1. • La satisfaction des besoins d'ECS

La valeur moyenne des besoins d'ECS est d'**environ 45 litres à 40°C par personne et par jour** d'après les résultats de suivis d'une centaine de chauffe-eau solaires individuels, corrélés avec des études européennes [21]. Ces besoins sont très variables d'un usager à l'autre, comme l'illustre la (Figure 1).

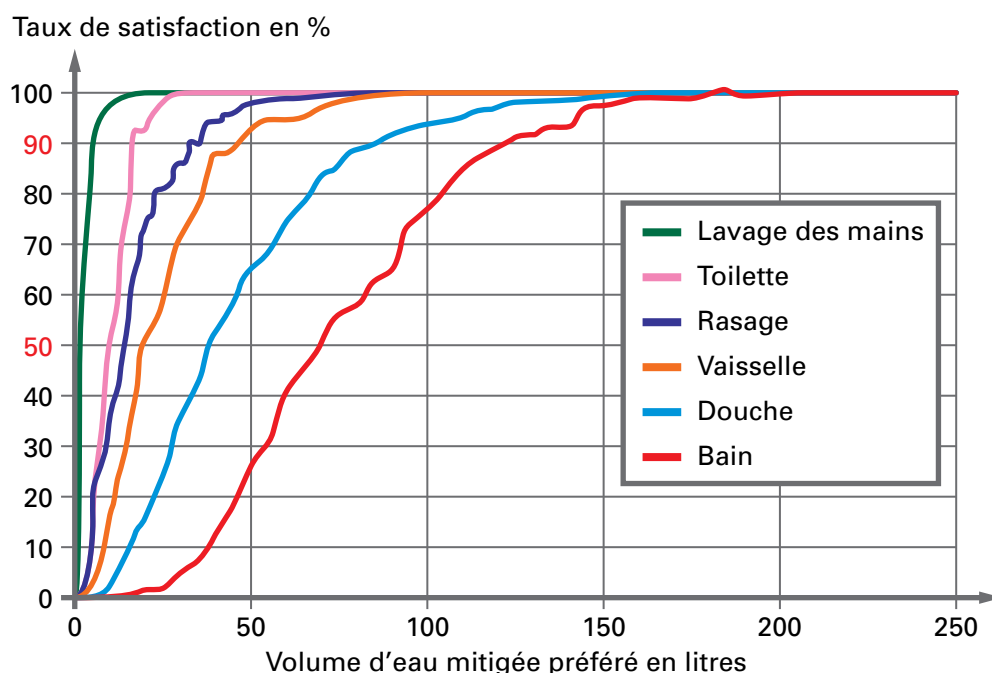
Entre le profil « gourmand » et « moyen », les besoins d'ECS sont presque 2 fois plus élevés



▲ Figure 1 : Exemple de profils de besoins journaliers d'ECS de deux familles de 4 personnes [22].

Les besoins pour les usages corporels prédominent. Le bain est l'usage qui requiert les plus forts volumes et débits, comme l'indique les (Figure 2) et (Figure 3). La pratique du bain est toutefois de plus en plus supplantée par celle de la douche. Selon un sondage BVA réalisé en 2012, environ 68% des français déclarent prendre une douche par jour et 11% plusieurs par jour.

Les volumes d'eau préférés pour la douche et le bain varient fortement d'un usager à l'autre



▲ **Figure 2 :** Résultats d'une enquête menée par Gaz de France auprès d'environ 200 personnes [23]. Le taux de satisfaction est le pourcentage de personnes satisfaites par un volume d'eau mitigée inférieur ou égal à la valeur en abscisse. Par exemple, 80% des personnes interrogées sont satisfaites pour la toilette à leur domicile par un volume d'eau mitigée inférieur ou égal à 24 litres. On observe pour le bain et la douche, une variation importante des volumes préférés correspondant à des exigences de confort et des équipements variés (capacités de la baignoire, douchettes différentes...). Ainsi pour la douche, si l'on exclut les extrêmes, les volumes qui satisfont 70% des usagers varient de 18 à 72 litres (soit 4 fois plus). Cette forte variation pour ces deux usages qui constituent une part importante des consommations ainsi que la fluctuation des temps de présence expliquent la variabilité des besoins d'ECS des ménages.

La douche est l'usage pour lequel les exigences de confort sont les plus importantes, en particulier, en termes de stabilité de la température d'eau. Une variation de +1,5 ou de -2 degrés engendre un inconfort déclaré pour 90% des usagers [23].

Pour la douche de même que pour le bain, la température préférée est en moyenne aux alentours de 37°C (entre 34 et 41°C pour 90% des personnes). Pour les autres usages, les valeurs varient fortement selon les personnes. Pour la vaisselle qui correspond à des pratiques très variées (port de gant, usage d'eau très chaude pour dégraisser...), les températures jugées satisfaisantes se situent entre de 37 et 65°C pour 90% des usagers. Pour le rasage, les températures sont également élevées, 20% préférant une température supérieure à 50°C pour le rinçage du rasoir. Par contre pour le lavage des mains 58% des personnes se satisfont d'eau froide.



Les besoins d'ECS par usage						
Critères	Volumes d'eau mitigée en l		Débits d'eau mitigée en l/min		Températures en °C	
Taux de satisfaction pour des valeurs inférieures à celles indiquées	50%	90%	50%	90%	50%	90%
Bain	70	123	12	21	37	41
Douche	40	85	8	13	37	41
Vaisselle	20	47	6	10	44	51
Toilette	14	33	5	8	36	42
Rasage	11	17	4	6	41	58
Lavage des mains	3	5	5	8	35	42

▲ **Figure 3** : Résultats issus d'une enquête menée par Gaz de France auprès d'environ 200 personnes à qui il a été demandé de déterminer leurs valeurs préférées de volumes, températures et débits pour différents usages à leur domicile [23]. Les valeurs indiquées correspondent aux valeurs en dessous desquelles 50 et 90% des personnes ont déclaré une satisfaction. Par exemple, 50% sont satisfaits pour la douche par un débit inférieur ou égal à 8 l/min.

A retenir

Les besoins d'ECS d'une même famille peuvent différer fortement d'un jour à l'autre ; les temps de présence, les activités et le nombre d'occupant étant très variables. 45 litres par jour et par personne à 40 °C est une valeur moyenne sur l'année.

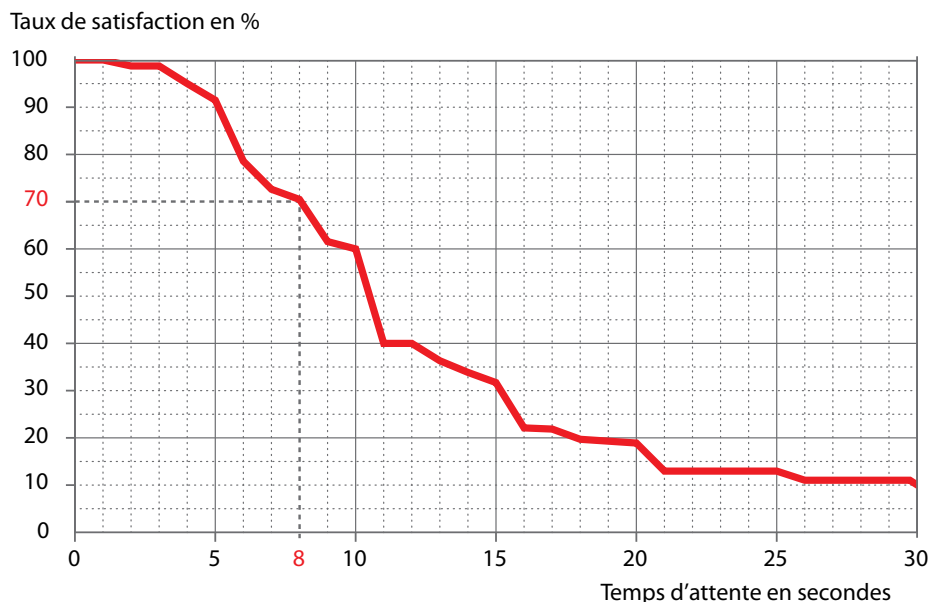
2.2. • La limitation des temps d'attente

Les temps d'attente de l'eau chaude aux points de puisage sont un des critères de confort auxquels les utilisateurs sont particulièrement sensibles.

D'après les résultats d'une étude réalisée par Gaz de France [23], 90% des personnes sont satisfaites si les temps d'attente ne dépassent pas 5 secondes. 18 secondes ne satisfont plus que 20% des usagers (Figure 4).

Satisfaire une grande majorité des usagers implique des distributions très courtes, comme le montrent les (Figure 5) et (Figure 6). Un temps d'attente de 8 secondes pour une douche avec un débit d'ECS à l'ouverture du robinet de 8 l/min correspond, par exemple, à environ 8 mètres de distribution en 16 x 1,5 en PEX (polyéthylène réticulé).

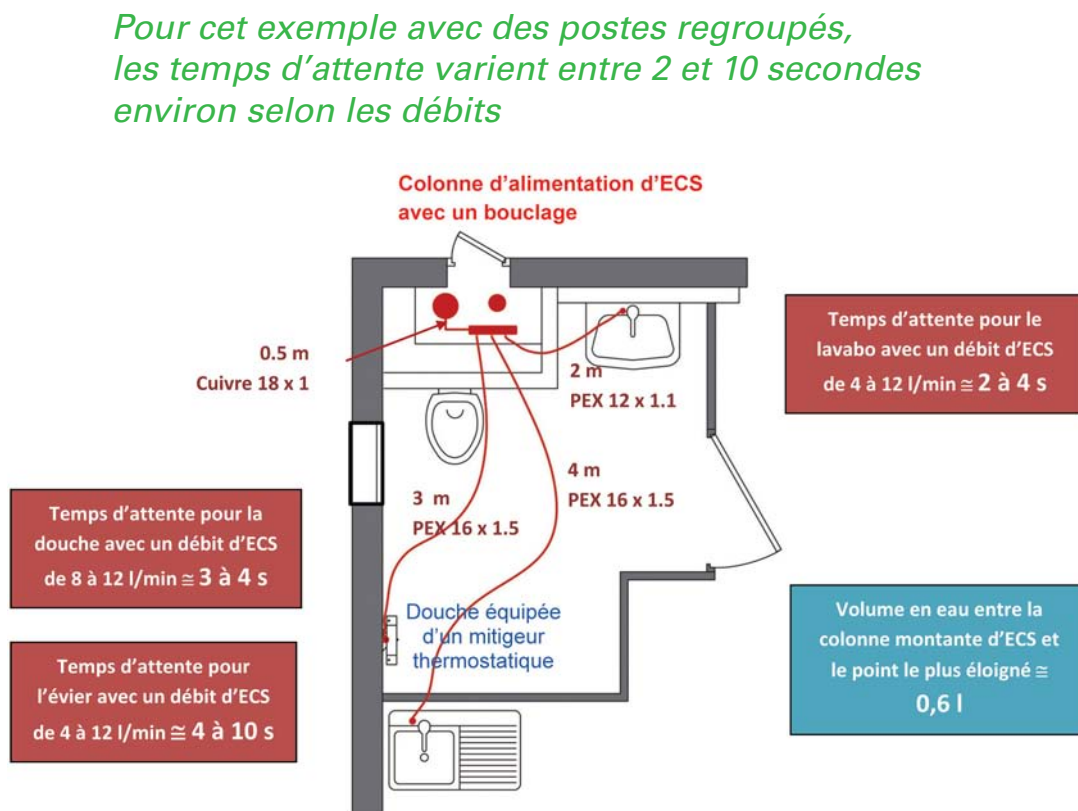
Un temps d'attente de 8 secondes satisfait 70% des usagers



▲ Figure 4 : Taux de satisfaction des usagers en pourcentage en fonction du temps d'attente de l'eau chaude au point de soutirage. Ces valeurs sont issues d'une enquête menée par Gaz de France auprès de 600 personnes [23].

Contenance en eau des tubes et temps d'attente en fonction des longueurs de canalisations													
Matériau	Diamètre extérieur/épaisseur en mm	Diamètre Intérieur en mm	Contenance en litres d'eau par mètre	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				
				1 m	2 m	4 m	6 m	8 m	1 m	2 m	4 m	6 m	8 m
Cuivre	12 x 1	10	0,079l	1	3	5	7	10	1	1	2	2	3
	14 x 1	12	0,113	2	4	7	10	14	1	1	2	3	5
	15 x 1	13	0,133	2	4	8	12	16	1	1	3	4	5
	16 x 1	14	0,154	3	5	9	14	19	1	2	3	5	6
	18 x 1	16	0,201	3	6	12	18	24	1	2	4	6	8
	22 x 1	20	0,314	5	10	19	28	38	2	3	6	9	13
PEX	12 x 1,1	9,8	0,075	1	2	5	7	9	1	1	2	2	3
	16 x 1,5	13	0,133	2	4	8	12	16	1	1	3	4	5
	20 x 1,9	16,2	0,206	3	6	13	19	25	1	2	4	6	8
	25 x 2,3	20,4	0,327	5	10	20	30	39	2	3	7	10	13

▲ Figure 5 : Ce tableau permet d'estimer, de manière approchée, les temps d'attente de l'eau chaude au point de puisage pour des débits d'ECS de 4 et 12 litres par minute et pour des longueurs de 1 à 8 mètres de tubes cuivre ou PEX. Par exemple, une distribution de 8 mètres en diamètre 12 correspond à un temps d'attente d'environ 3 secondes si le robinet alimenté est ouvert en grand sur l'ECS à un débit de 12 l/min. Les temps d'attente sont supposés égaux aux temps de parcours de l'ECS. Ils correspondent à la contenance en eau du tube en litre divisée par le débit en litre par seconde.



▲ **Figure 6** : Exemple de temps d'attente estimés pour un appartement avec des points de puisage proches de la colonne d'alimentation. Ces valeurs permettent de satisfaire plus de 60% des usagers. Les temps d'attente au lavabo et à l'évier dépendent de la position de réglage choisie par l'utilisateur à l'ouverture du mitigeur (en pleine ouverture sur l'ECS ou non). Pour la douche équipée d'un mitigeur thermostatique, au départ, seule de l'ECS est soutirée tant qu'elle est froide. Le débit est fonction du réglage effectué par l'utilisateur.

Des préconisations pour limiter ces temps d'attente mais aussi les pertes en eau et en énergie ainsi que les risques sanitaires afférents sont données au chapitre (cf. 4.3.1.).

A retenir

Les temps d'attente sont souvent perçus négativement par les usagers lorsqu'ils dépassent une dizaine de secondes, compte tenu en particulier des volumes d'eau perdus.

2.3. • Les exigences acoustiques

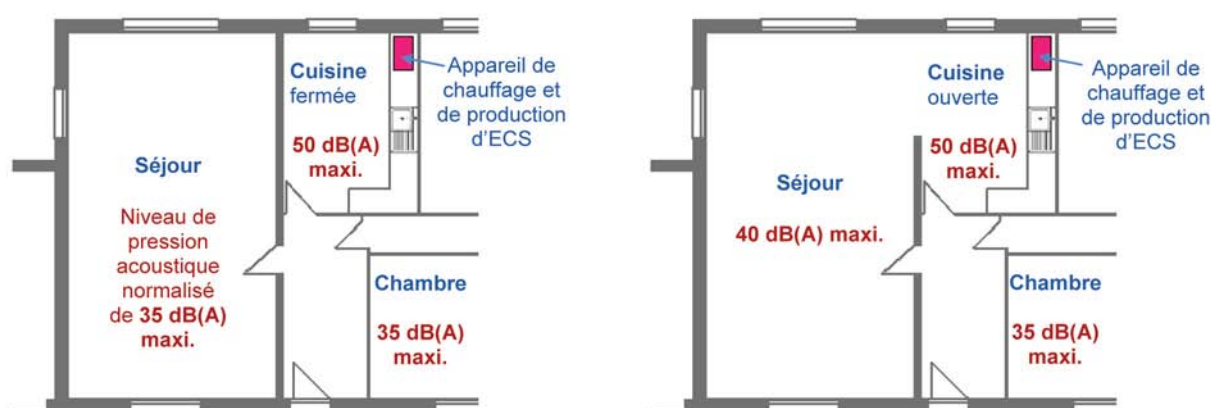
Les installations d'ECS ne doivent pas engendrer de nuisances sonores aussi bien à l'intérieur du logement qu'au niveau du voisinage.

Vis-à-vis des **bruits engendrés par les équipements à l'intérieur des logements**, l'arrêté du 30 juin 1999 impose des valeurs maximales de niveau de pression acoustique normalisé L_{nAT} à ne pas dépasser. Ces valeurs sont :

- pour un appareil individuel de chauffage, de 35 dB(A) dans les pièces principales et 50 dB(A) dans la cuisine du logement où se situe cet équipement. Si la cuisine est ouverte sur une pièce principale, le niveau dans cette pièce ne doit pas dépasser dans ce cas 40 dB(A) (Figure 7) ;

- pour un équipement individuel, de 30 dB(A) dans les pièces principales et de 35 dB(A) dans les cuisines des autres logements ;
- pour un équipement collectif tel qu'une chaufferie ou une sous-station, de 30 dB(A) dans les pièces principales et de 35 dB(A) dans les cuisines de chaque logement. La valeur maximale de pression acoustique engendrée par une chaufferie dans un logement imposée, par ailleurs, par l'arrêté du 23 juin 1978 est de 30 dB(A).

Des exigences de niveau maximal de pression acoustique sont imposées à l'intérieur des logements



▲ Figure 7 : Exigences de niveau de pression acoustique normalisé maximal imposées par l'arrêté du 30 juin 1999 pour les bruits engendrés par les équipements de chauffage individuel. Ce niveau normalisé correspond au niveau de pression acoustique mesurable dans la pièce au moyen d'un sonomètre, corrigé par un terme qui tient compte de la durée de réverbération du local.

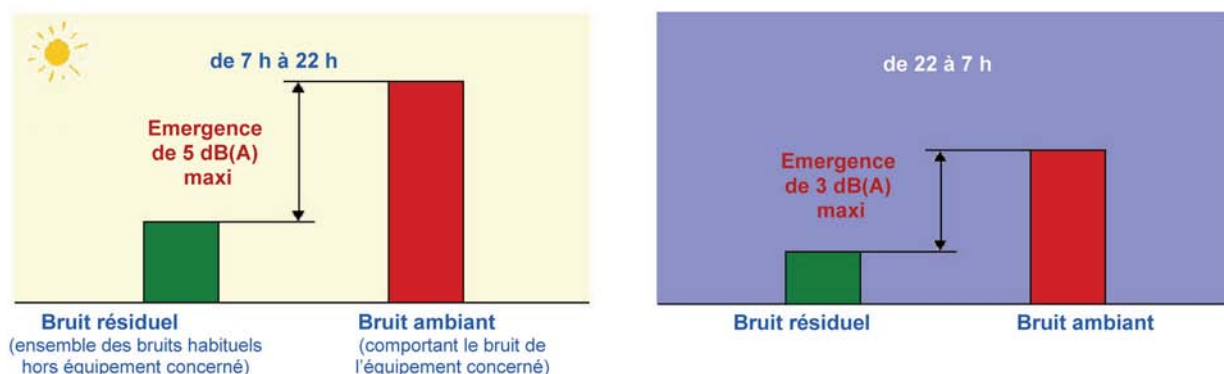
Vis-à-vis des **bruits de voisinage générés par un équipement**, par exemple par une unité extérieure d'un système thermodynamique, l'article R1334-33 du Code de la Santé Publique modifié par le décret du 31 août 2006 fixe des valeurs limites d'émergences sonores. La différence de niveau de bruit avec et sans l'équipement concerné ne doit pas dépasser :

- 5 dB(A) en période diurne (de 7h à 22h) ;
- 3 dB(A) en période nocturne (de 22 h à 7 h).

Un terme correctif variant de 0 à 6 dB(A) est ajouté en fonction de la durée du bruit particulier.

L'arrêté du 23 juin 1978 modifié impose par ailleurs que le niveau de pression acoustique du bruit engendré par une chaufferie ne dépasse pas 50 dB(A) à l'extérieur du bâtiment. Ce niveau est mesuré à 2 mètres des façades de tous les bâtiments avoisinants, y compris celles du bâtiment contenant la chaufferie.

Des exigences sont aussi imposées par rapport au voisinage



▲ Figure 8 : Exigences d'émergences imposées par le Code de la Santé Publique. Pour une durée totale de fonctionnement de l'équipement concerné inférieure à 8 heures par jour, un terme correctif est ajouté.

Ces exigences acoustiques à l'intérieur des logements et au voisinage sont à prendre en compte pour choisir un équipement et son implantation, en particulier dans le cas de pompe à chaleur ou de chauffe-eau thermodynamique. Les Recommandations professionnelles sur ces systèmes donnent des préconisations pour leur intégration acoustique (cf. 6.3.).

A noter par ailleurs que des valeurs maximales de niveau de puissance acoustique en dB(A) sont imposées pour les chauffe-eau thermodynamiques et les pompes à chaleur de moins de 70 kW par la **directive européenne 2009/125/CE Eco-conception** (règlements n°814/2013 pour les chauffe-eau et n°813/2013 pour les appareils double-service). Ces valeurs sont à respecter par tous les produits mis sur le marché à partir du 26 septembre 2015. L'étiquetage des produits spécifié par la Directive 2010/30/UE comporte également une information sur les niveaux de puissance acoustique des appareils (règlements n°812/2013 pour les chauffe-eau et règlement n°811/2013 pour les appareils double-service).

Concernant la **distribution d'ECS**, les vitesses limites d'écoulement dans les canalisations à respecter pour le dimensionnement, imposées par le NF DTU 60.11, contribuent à limiter les nuisances sonores. La valeur maximale de pression de 4 bar au robinet fixée par le NF DTU 60.1 y concourt également.

Au niveau **des terminaux**, le marquage éventuel de la classe acoustique des robinetteries permet de juger de leur performance. Les produits les plus performants sont classés dans le groupe acoustique I et II tel que défini dans les normes de robinetterie, ceux de groupe I étant les plus silencieux (Figure 9). La lettre qui figure à côté de ce marquage, par exemple IA, IIB signifie que ce classement est valide pour la robinetterie munie d'un accessoire (aérateur, douchette...) présentant une classe de débit donnée (A, B, C..., A correspondant à un plus faible débit que B ou C). Dans le cas de robinetteries titulaires de la marque NF et ayant un classement EAU, ECAU ou EChAU, les plus silencieuses sont classées A3, vient ensuite la classe A2 puis A1.

Classement des robinetteries selon leurs performances acoustiques		
Groupe acoustique selon les normes NF EN	Classement EAU, ECAU ou EChAU du référentiel de certification de la marque NF	Niveau de pression acoustique Lap en dB(A)
I	A3	Lap ≤ 15
	A2	15 < Lap ≤ 20
II	A1	20 < Lap ≤ 30
Non classée	Non classée	Lap >30

▲ Figure 9 : Les classements acoustiques des robinetteries spécifiés dans les normes et dans le référentiel de la marque NF. La robinetterie est d'autant plus silencieuse que le niveau de pression acoustique Lap est faible.

A retenir

Le **niveau de puissance acoustique** exprimé en dB(A) caractérise la source sonore indépendamment de son environnement. Il permet de comparer les performances acoustiques de différents équipements.

Le **niveau de pression acoustique** exprimé également en dB(A) caractérise le niveau de bruit que l'oreille perçoit et dépend de paramètres tels que la distance par rapport à la source, la dimension et la nature des parois du local.

La prévention des risques sanitaires et le respect des règles de sécurité

3



La santé et la sécurité des utilisateurs est une préoccupation importante en ECS. L'objet de ce chapitre est de donner une vision globale des différents risques et des principales exigences réglementaires en la matière.

3.1. • *Les différents risques sanitaires liés à l'ECS*

Le risque lié aux développements des légionelles n'est pas le seul risque sanitaire. D'autres micro-organismes pathogènes (bactéries, virus, protozoaires,...) peuvent être également à l'origine d'infections. La contamination par ces micro-organismes se fait généralement par inhalation, voire par ingestion ou par contact en présence de plaies.

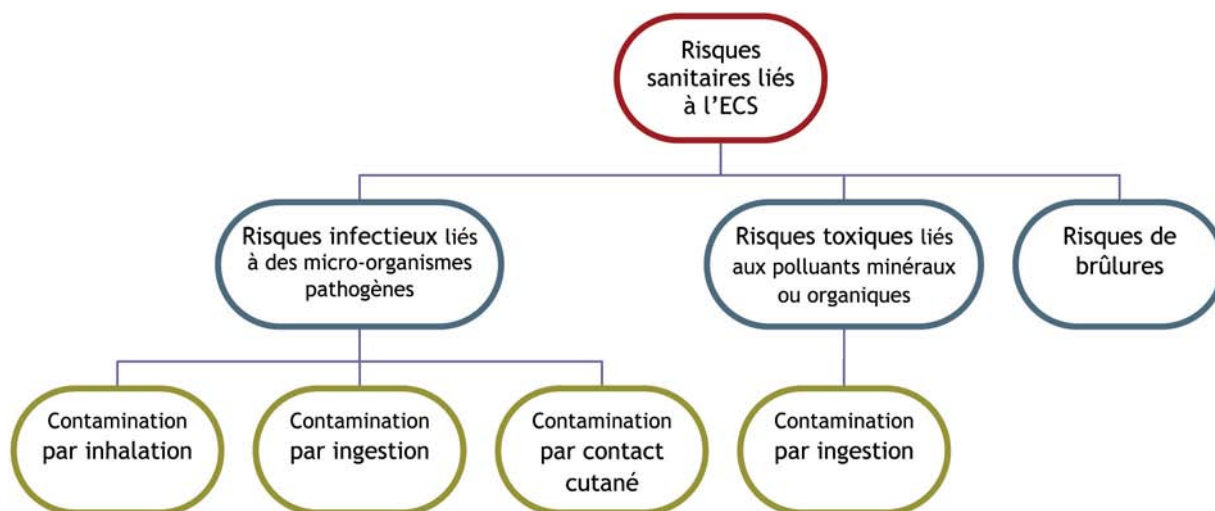
L'ECS peut être également la cause de brûlures. Ce risque dépend en particulier de la température de l'eau.

Il existe aussi un risque de contamination par ingestion de substances toxiques, toutefois plus faible.

Les micro-organismes pathogènes ou autres substances non désirables peuvent provenir :

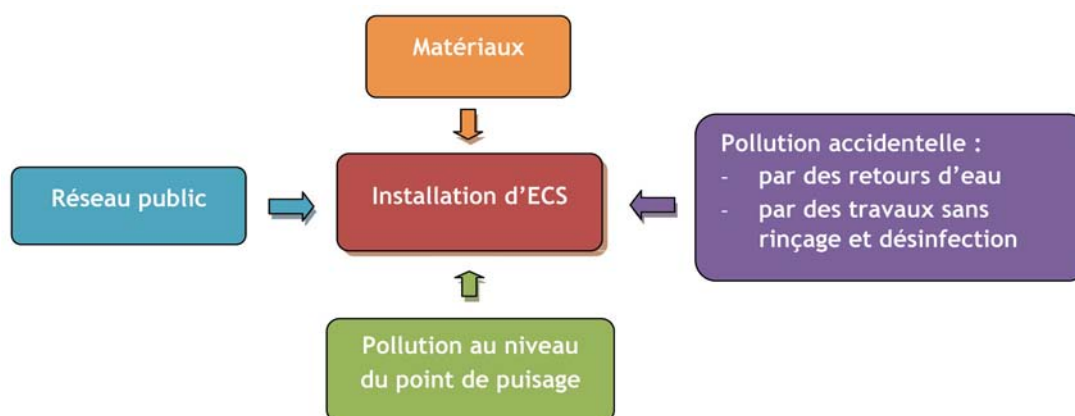
- du réseau public. C'est par exemple le cas des légionelles ;
- des matériaux de l'installation en contact avec l'eau si ceux-ci sont inappropriés ;
- d'une pollution accidentelle de l'installation. Cette pollution peut être provoquée par un phénomène de retour d'eau par siphonage ou refoulement. Elle peut être due également à l'absence de rinçage et de désinfection après des travaux ;
- d'une pollution au niveau du point de puisage en bout de robinetterie.

Les risques infectieux et de brûlures sont les plus redoutés pour l'ECS



▲ Figure 10 : Les différents risques sanitaires liés à l'ECS.

Les agents pathogènes peuvent provenir de différentes sources



▲ Figure 11 : Les différentes sources d'introduction d'agents pathogènes ou d'autres substances non désirables dans les installations d'ECS.

A retenir

L'absence de rinçage et désinfection après travaux est une des sources de contamination des installations.

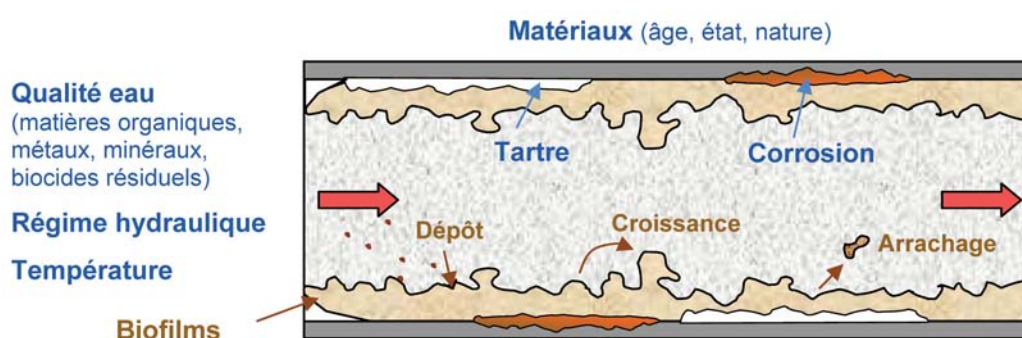
3.1.1. • Le risque lié aux légionelles

Les légionelles et plus particulièrement les *Legionella pneumophila* sont des bactéries à l'origine de plus d'un millier de cas déclarés de légionellose par an en France dont une centaine de décès (données épidémiologiques disponibles sur le site Internet www.invs.sante.fr). La contamination se fait par inhalation de fines gouttelettes contenant des légionelles. Les douches sur les installations d'ECS sont les principales sources de contamination avec les tours aéroréfrigérantes.

En dessous de 1000 Unité Formant Colonie par litre (UFC/l), le risque d'apparition de légionellose est très faible pour la population en général. Les personnes les plus à risque sont les personnes âgées et immunodéficientes.

Comme tous les autres micro-organismes, les légionelles se développent au sein des biofilms fixés aux parois où elles trouvent protection et nutriments. Elles se retrouvent transportées jusqu'aux points de puisage après arrachage de biofilms.

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

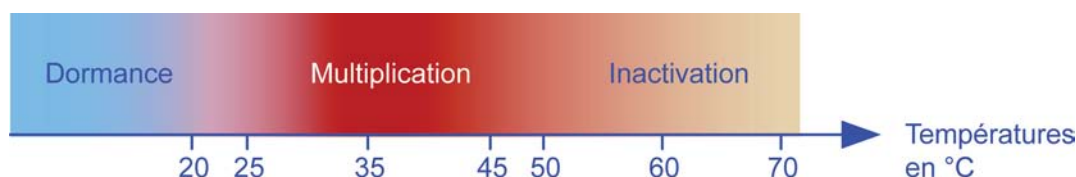


▲ Figure 12 : Les biofilms au sein desquels prolifèrent les légionelles sont constitués d'un ensemble de micro-organismes englobés dans un gel d'origine microbienne. Leur croissance dépend de nombreux paramètres tels que les températures, les éléments nutritifs et la présence d'agents inhibiteurs. Leur épaisseur peut aller ainsi de quelques micromètres à quelques millimètres.

Les facteurs à maîtriser pour limiter le développement des biofilms, au sein desquels les micro-organismes prolifèrent, sont :

- **les températures.** C'est un paramètre très important. L'optimum de croissance des légionelles se situe entre 25 et 45°C environ. Vers 45°C, leur multiplication se ralentit. En dessous de 20°C, elles sont à l'état de dormance. Pour diminuer de 90% une population de *Legionella pneumophila* libre en suspension, environ 6 heures sont nécessaires à 50°C et 45 secondes à 60°C, dans des conditions in vitro [24]. Les valeurs sont plus élevées pour les légionelles à l'intérieur des biofilms et des amibes compte tenu de leur effet protecteur [8] ;
- **la corrosion et l'entartrage.** Les dépôts de tartre et de corrosion forment des « niches » favorables au développement des biofilms. Le fer et le zinc constituent un apport nutritif ;
- **les vitesses de circulation.** La stagnation et les faibles vitesses favorisent la croissance des biofilms.

La température est un facteur essentiel conditionnant le développement des légionelles



▲ Figure 13 : La croissance des légionelles en fonction de la température. L'optimum de croissance se situe entre 25 et 45°C environ.

A retenir

D'une manière générale, pour prévenir les risques microbiologiques sur les installations sanitaires, il est nécessaire d'agir à 3 niveaux :

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

3.1.2. • Le risque de brûlures

L'eau chaude sanitaire est la cause de brûlures très graves, parfois mortelles. Les cas les plus nombreux et les plus graves se produisent dans la baignoire, ce qui en fait le poste le plus à risque. Les brûlures par immersion dans la baignoire sont plus étendues.

Les usagers les plus sensibles vis-à-vis du risque de brûlures sont :

- les enfants et les personnes âgées qui ont une résistance de la peau à la chaleur plus faible et des temps de réaction plus longs qu'un adulte en bonne santé ;
- les personnes ayant un handicap physique, psychique ou une déficience sensorielle liée par exemple à la prise de stupéfiant ou à l'éthylisme, ne leur permettant pas de réagir rapidement.

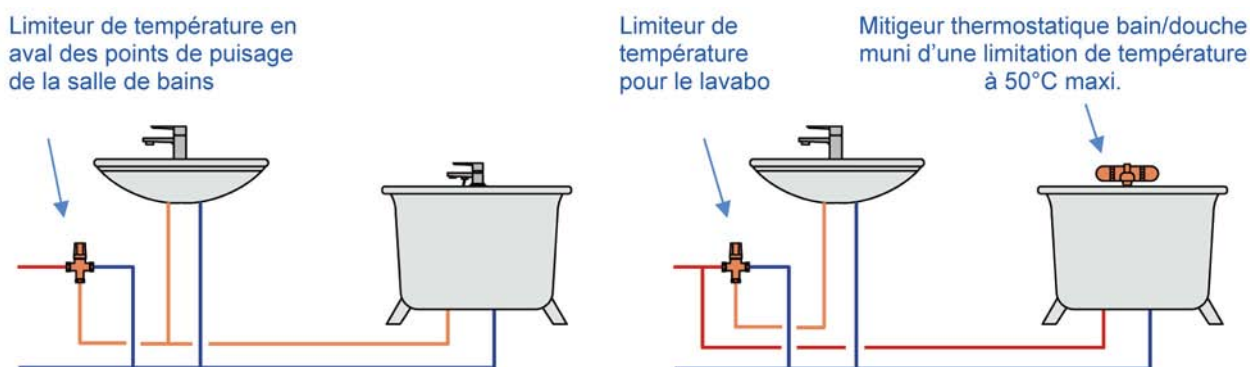
Le risque de brûlures dépend des températures d'ECS comme l'illustre la (Figure 14). A 60°C, une seconde d'exposition suffit pour provoquer une brûlure de second degré, contre 2,5 minutes à 50°C, pour un enfant de moins de 5 ans.

Durées d'exposition provoquant une brûlure de 1 ^{er} ou 2 nd degré			
Température de l'eau	Adulte en bonne santé		Enfant de moins de 5 ans
	Brûlure de 1 ^{er} degré	Brûlure de 2 ^{ème} degré	Brûlure de 2 ^{ème} degré
50°C	4 min	5 min	2,5 min
55°C	20 s	30 s	10 s
60°C	3 s	5 s	1 s
70°C	-	1 s	-

▲ **Figure 14** : Résultats des études de Moritz et Henriques sur les brûlures. A 70°C, la brûlure est instantanée.

La limitation des températures d'ECS aux points de puisage à **50°C maximum dans les pièces destinées à la toilette** (cf. 3.2.5) permet de réduire ce risque de brûlures. Respecter à la fois cette exigence et les limites plus élevées de températures de production et de distribution imposées par rapport au risque légionelles (cf. 3.2.5) conduit à abaisser la température au niveau des pièces d'eau. Différentes solutions existent comme le montre la (Figure 15). Il est préférable de placer les dispositifs de limitation de température le plus près possible des points de puisage de manière à minimiser les canalisations parcourues par de l'eau à des températures inférieures à 50°C.

Plusieurs solutions existent pour limiter la température dans les pièces d'eau et réduire ainsi le risque de brûlures



▲ **Figure 15** : Exemples de dispositifs permettant de limiter les températures dans les salles de bains. Les limiteurs de température et les mitigeurs thermostatiques font l'objet d'une marque NF.

Les limiteurs de température sont dotés tout comme les mitigeurs thermostatiques d'une cartouche de régulation. Contrairement aux mitigeurs monocommande avec une butée de réglage qui peuvent aussi être utilisés, ces appareils permettent de maintenir une température constante même si les températures, les pressions et les débits d'eau froide et d'eau chaude varient. Sur les mitigeurs thermostatiques, une limitation de température à 50°C est présente notamment sur ceux titulaires de la marque NF et classés C3 pour des usages domestiques ou Ch3 pour des applications en tertiaire. Sur les mitigeurs thermostatiques classés Ch3, la butée est débrayable par un professionnel pour des opérations de désinfection. Dans le cas d'une production d'ECS instantanée, il convient de s'assurer de la compatibilité du limiteur de température ou du mitigeur thermostatique avec

le système de production. Les fabricants recommandent généralement que l'appareil de production instantanée ait une puissance d'au moins 18 kW pour pouvoir installer ces dispositifs.

A retenir

Pour réduire les risques de brûlure, installer des dispositifs dans les pièces de toilettes limitant la température à 50°C maximum aux points de puisage (limiteurs de température, mitigeurs thermostatiques munis d'une limitation à 50°C...).

3.2. • Les exigences réglementaires et para-réglementaires sur la prévention des risques sanitaires

Dans ce domaine qui touche la santé publique, les exigences fondamentales sont codifiées ou sont spécifiées dans des textes réglementaires ou para-réglementaires. Ce chapitre rappelle les principales exigences.

3.2.1. • Les règles générales sur les eaux potables

Les articles L 1321-1 à L 1321-8 et R 1321-1 à R 1321-63 du Code de la Santé Publique édictent les règles générales sur les eaux destinées à la consommation humaine. Elles concernent l'eau froide mais aussi l'ECS qui est considérée comme une eau destinée à la consommation humaine.

Des obligations de résultats et de moyens sont imposées pour que ces eaux ne constituent pas un danger pour la santé des personnes. Les principales prescriptions qui s'appliquent aux installations d'eau froide et d'ECS sont les suivantes :

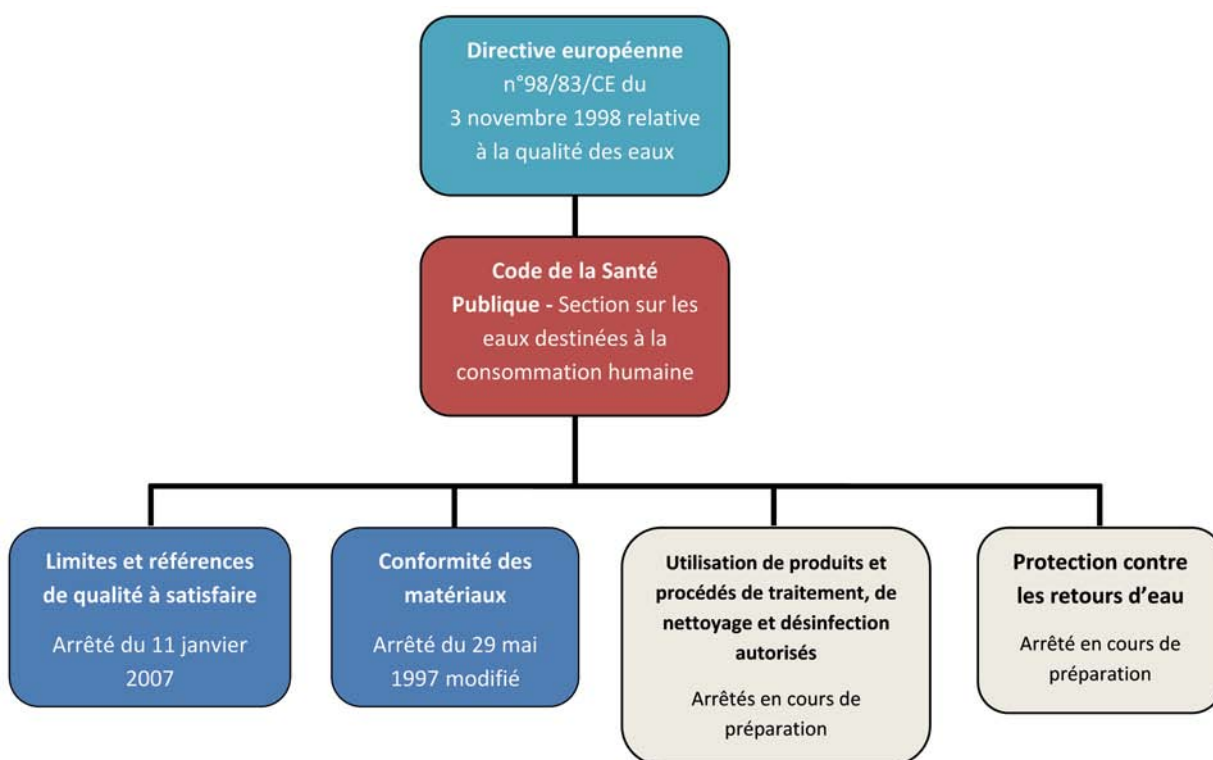
- les eaux destinées à la consommation humaine doivent satisfaire des limites et références de qualité portant sur des paramètres microbiologiques, chimiques, radiologiques et organoleptiques définies par l'arrêté du 11 janvier 2007 ;
- les installations doivent être conçues, réalisées et entretenues 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 ;
- les matériaux en contact avec l'eau doivent respecter les dispositions de l'arrêté du 29 mai 1997 modifié. L'annexe I de cet arrêté liste les matériaux métalliques autorisés. Pour les matériaux organiques ainsi que les produits assemblés (désignés sous le terme d'accessoires) comportant au moins un composant organique une attestation de conformité sanitaire (ACS) est

exigée. Les opérateurs doivent s'assurer auprès de leur fournisseur que les matériaux sont conformes à ces dispositions réglementaires ;

- les produits et procédés de traitement, de nettoyage et de désinfection des installations doivent être autorisés ;
- les installations doivent être nettoyées, rincées et désinfectées avant tout mise ou remise en service ;
- Les contaminations par retour d'eau doivent être évitées.

Le Code de la Santé Publique définit également les responsabilités des différents acteurs.

Les textes réglementaires sur les eaux potables s'appliquent également à l'ECS



▲ **Figure 16** : Les principaux textes réglementaires sur les eaux potables qui s'appliquent à l'ECS considérée comme une eau destinée à la consommation humaine. Les exigences fondamentales de la Directive européenne n°98/83/CE ont été transposées en droit français puis codifiées.

A retenir

L'ECS est considérée réglementairement comme une eau potable.

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

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

3.2.2. • Les produits et procédés pour le traitement de l'eau et la désinfection

Des listes de produits ou procédés autorisés pour le traitement, le nettoyage ou la désinfection des installations sanitaires figurent dans :

- la circulaire du 7 mai 1990 modifiée relative aux produits et procédés de traitement des eaux destinées à la consommation humaine ;
- l'arrêté du 8 septembre 1999 modifié concernant les procédés et les produits utilisés pour le nettoyage des matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des aliments ;
- 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 ;
- le rapport du Conseil supérieur d'hygiène publique de France relatif à la gestion du risque lié aux légionelles de novembre 2001 [9] ;
- le guide technique de l'eau dans les établissements de santé de juillet 2005 [10].

Exemples de produits autorisés	
Produits de protection (anti-corrosion, anti-tartre)	Produits de désinfection
Silicates de sodium	Composés chlorés produisant des hypochlorites (hypochlorite de sodium, hypochlorite de calcium)
Polyphosphates alcalins	Dichloroisocyanurates
Orthophosphates	Peroxyde d'hydrogène mélangé à de l'argent

▲ **Figure 17** : Exemples de produits autorisés pour le traitement de l'eau et la désinfection indiqués dans le guide du Conseil supérieur d'hygiène publique de France de novembre 2001 et la circulaire du 7 mai 1990 modifiée.

D'autres produits peuvent être également utilisés à condition de bénéficier d'un avis favorable de l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, l'ANSES (ces avis

sont disponibles le site Internet www.anses.fr). L'innocuité et l'efficacité de ces produits doivent pour cela être prouvées.

Les désinfectants entrent également dans le champ d'application du règlement (UE) n°528/2012 du 22 mai 2012 concernant la mise à disposition sur le marché et l'utilisation des produits biocides faisant suite à la directive européenne 98/8/CE du 16 février 1998. L'ensemble des produits biocides dont la déclaration a été acceptée ainsi que les produits bénéficiant d'une autorisation de mise sur le marché 98/8/CE sont répertoriés sur le site Internet Simmbad (<https://simmbad.fr>, accès grand public).

A retenir

Tous les produits pour le traitement, le nettoyage et la désinfection utilisés dans une installation sanitaire doivent être autorisés.

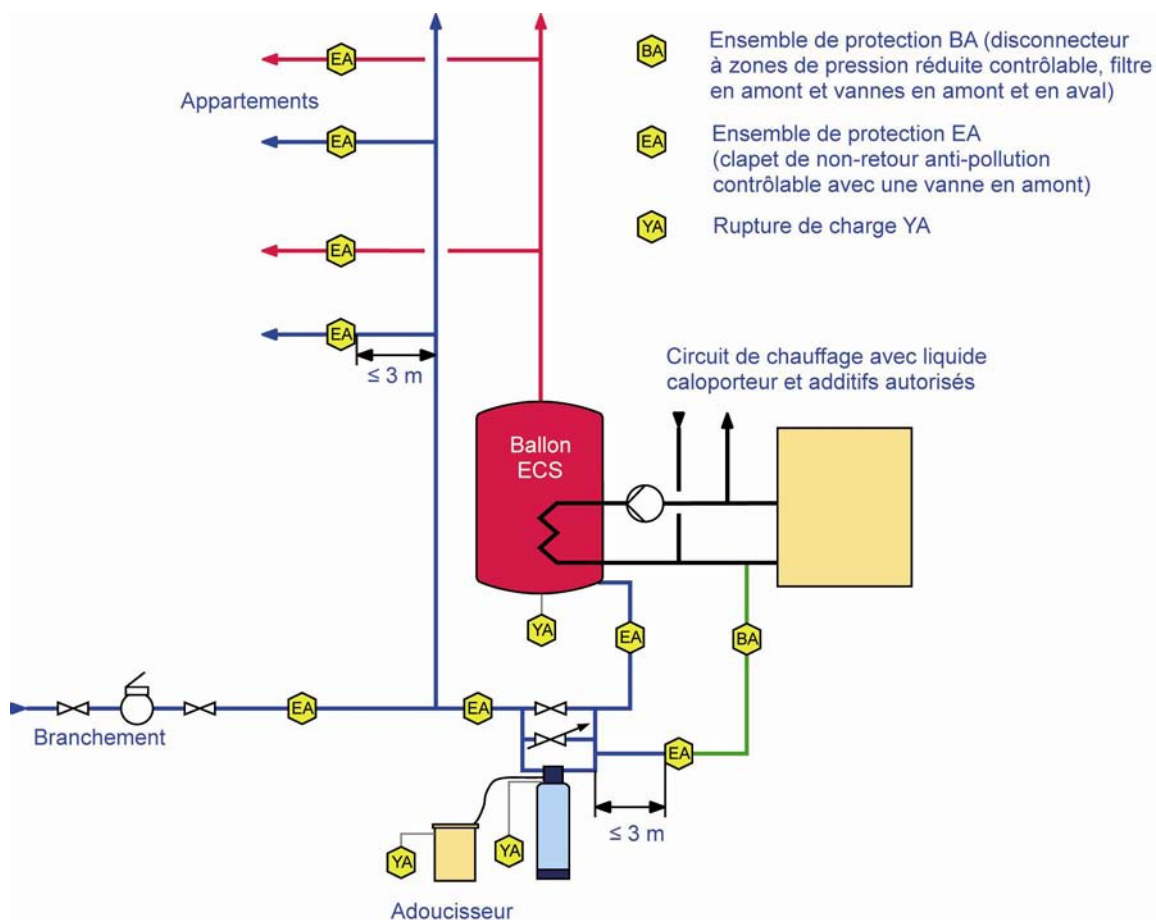
Même si les produits sont autorisés, il est nécessaire de vérifier leur compatibilité avec les matériaux présents sur l'installation.

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

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

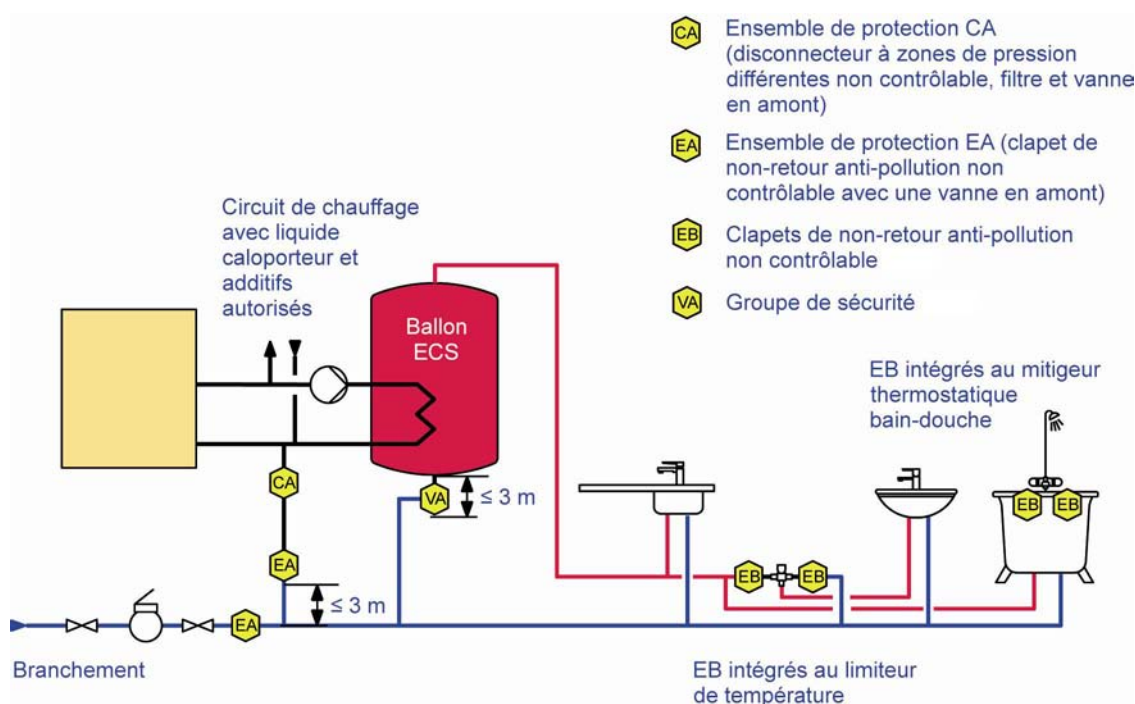
Les règles générales permettant de déterminer les ensembles de protection à installer contre la pollution par retour d'eau sont spécifiées dans les normes NF DTU 60.1 P1-1-1 et NF EN 1717. Des tableaux indiquant les ensembles de protection à prévoir, dans les cas les plus courants, figurent, par ailleurs, dans le guide technique de conception des réseaux d'eau [6] édité sous l'égide du Ministère de la Santé.

Différents ensembles de protection contre les retours d'eau sont à prévoir sur une installation collective d'ECS



▲ **Figure 18** : Exemple d'ensembles de protection requis dans le cas d'une installation collective de production d'ECS. La certification NF Antipollution des dispositifs BA et EA vaut la preuve de la conformité des produits aux exigences du NF DTU 60.1 P1-2. Les canalisations de retour du bouclage d'ECS ne sont pas représentées sur ce schéma.

Pour les installations individuelles, les ensembles de protection contre les retours d'eau à prévoir diffèrent



▲ **Figure 19** : Exemple d'ensembles de protection requis dans le cas d'une installation individuelle de production d'ECS. La certification NF Antipollution des dispositifs CA, EA et EB, NF Robinetterie de réglage et de sécurité des groupes de sécurité et des limiteurs et NF robinetterie sanitaire des robinetteries équipées de douche vaut la preuve de la conformité des produits aux exigences du NF DTU 60.1 P1-2. Le groupe de sécurité comporte, en plus de la soupape de sûreté et du robinet d'isolement, un clapet de non-retour et un dispositif de vidange avec une rupture de charge. Les robinetteries sanitaires certifiées NF équipées d'une douche intègrent les dispositifs de protection contre les retours d'eau de même que les limiteurs de température titulaires de la marque NF.

A retenir

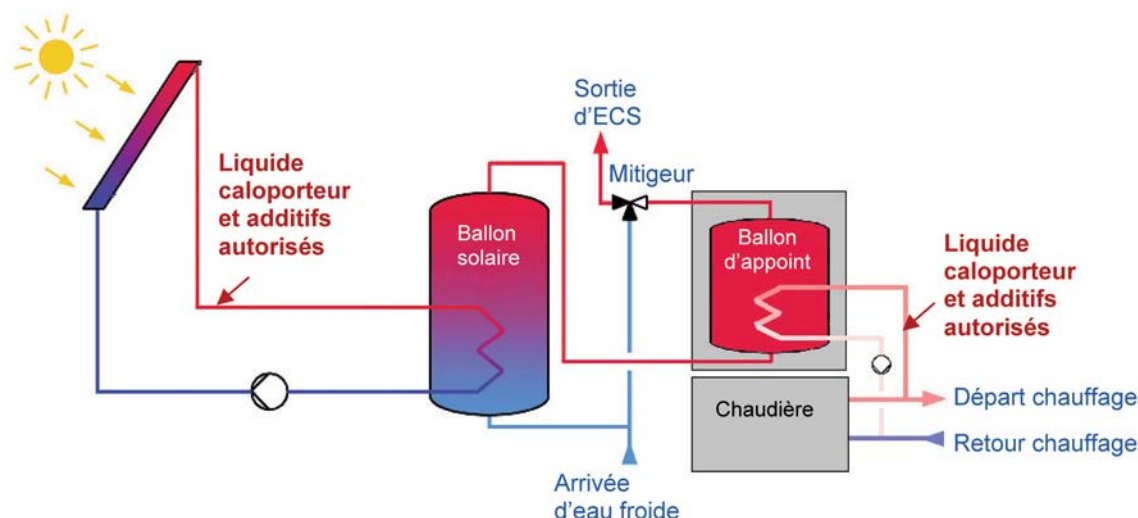
De nombreux ensembles de protection EA sont à prévoir sur l'installation : après le compteur général, à l'entrée des appartements, sur l'alimentation en eau du réseau de chauffage en plus du disconnecteur,... Un ensemble EA ne correspond pas uniquement à un clapet de non-retour contrôlable mais inclut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

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

Des précautions doivent être également prises pour limiter les risques de contamination dans le cas d'une perforation d'un échangeur produisant de l'ECS, conformément au Règlement Sanitaire Départemental Type (article 16.9). L'instruction technique pour la réalisation et l'installation des dispositifs de traitement thermique de l'eau potable de décembre 1982 [5] précise les règles à respecter.

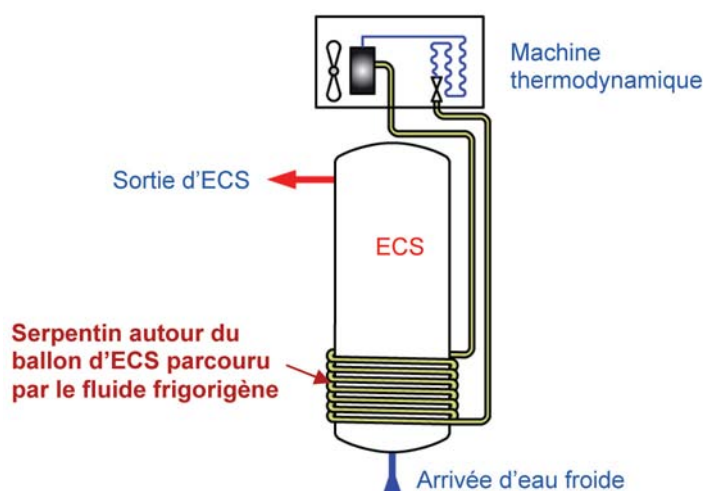
Dans le cas d'une production d'ECS assurée par un échangeur à simple paroi entre le liquide caloporteur et l'ECS, le liquide caloporteur et ses additifs doivent être autorisés. Si le fluide caloporteur et ses additifs ne sont pas autorisés pour cet usage, deux échangeurs ou un échangeur double paroi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

Le liquide caloporteur et ses additifs doivent être autorisés dans le cas d'échangeur à simple paroi



▲ Figure 20 : Exemple de chauffe-eau solaire individuel avec un appoint réalisé par une chaudière. Les échangeurs dans le ballon solaire et ballon d'appoint sont à simple paroi.

Lorsque le liquide caloporteur est non autorisé, une des solutions consiste à utiliser un échangeur double-paroi



▲ Figure 21 : Exemple de chauffe-eau thermodynamique avec un échangeur double-paroi entre le fluide frigorigène et l'ECS. Le serpentin parcouru par le fluide frigorigène est externe au ballon. Le risque de contamination entre l'ECS et le fluide frigorigène est ainsi limité, conformément à la réglementation.

A retenir

Dans le cas d'un générateur double-service avec un échangeur simple paroi pour la production d'ECS, il est nécessaire de vérifier que les produits ajoutés dans le circuit de chauffage (traitement de l'eau, antigel éventuel,...) sont autorisés. Les avis favorables sur les produits émis par l'ANSES sont disponibles sur le site Internet www.anses.fr.

3.2.5. • Les limitations de température

Les valeurs limites de température au niveau de la production, de la distribution et du puisage d'ECS sont fixées par l'article 36 de l'arrêté du 23 juin 1978 modifié par l'arrêté du 30 novembre 2005.

Ces dispositions s'appliquent, depuis le 15 décembre 2006, aux nouvelles installations d'ECS avec une production et une distribution neuves comme le précise la circulaire d'application de cet arrêté du 3 avril 2007.

Afin de limiter le risque de brûlures, la température d'eau chaude sanitaire à ne pas dépasser aux points de puisage est de 50°C dans les pièces destinées à la toilette et de 60°C dans les autres pièces.

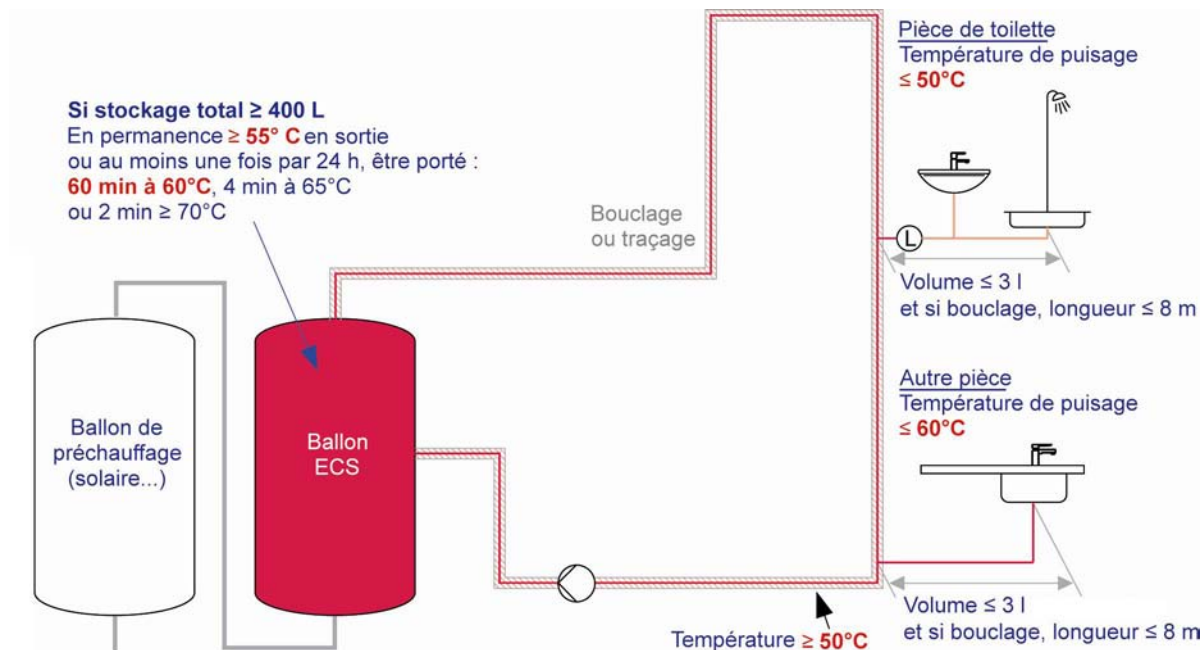
Par rapport aux risques liés au développement des légionelles, si le volume entre la sortie de la production et le point de puisage le plus éloigné est de plus de 3 litres, la température de distribution d'ECS doit être maintenue à au moins 50°C, excepté dans les tubes finaux d'alimentation des points de puisage. Le volume de ces tubes finaux doit être le plus faible possible et dans tous les cas ne pas dépasser 3 litres. Ce volume de 3 litres correspond par exemple à une longueur de canalisation en cuivre de 38 m en diamètre 10/12, 19 m en 14/16 ou encore 9 m en 20/22 (voir les valeurs de contenance en eau par mètre des tubes (Figure 5), cf. 2.2). Le NF DTU 60.11 P1-2 impose, par ailleurs, dans le cas d'un bouclage que les antennes ne dépassent pas 8 mètres (Figure 22) et (Figure 24).

D'autre part, lorsque le volume total d'ECS stockée est supérieur à 400 litres, l'ECS doit être :

- en permanence à une température d'au moins 55°C à la sortie des ballons ;
- ou être portée au moins une fois par 24 heures au minimum 60 minutes à 60°C, 4 minutes à 65°C ou bien 2 minutes à au moins 70°C.

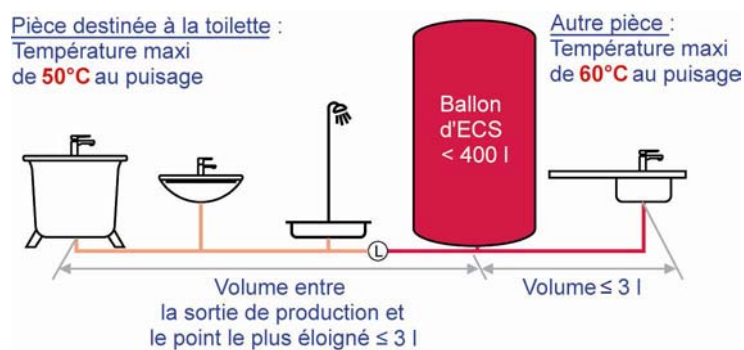
Ces valeurs limites de température de production ne s'appliquent pas aux ballons de préchauffage (ballons solaires,...).

En collectif, des limitations de température d'ECS sont imposées au niveau de la production, de la distribution et des puisages



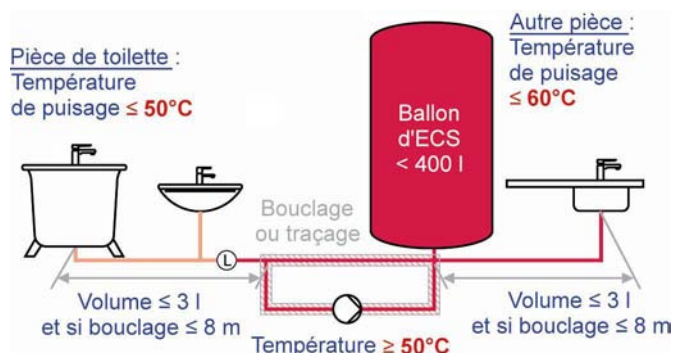
▲ Figure 22 : Limites de température imposées par l'arrêté du 23 juin 1978 modifié dans le cas d'une production collective avec un volume total de stockage d'au moins 400 litres. La longueur maximale des antennes de 8 mètres est une exigence du NF DTU 60.11 P1-2 dans le cas d'un bouclage.

En individuel, si la distribution est courte, les exigences ne portent que sur la température de l'ECS aux points de puisage



▲ Figure 23 : Limites de température imposées par l'arrêté du 23 juin 1978 modifié dans le cas d'une production individuelle de moins de 400 litres et d'un volume entre la sortie du ballon et le point de puisage le plus éloigné inférieur ou égal à 3 litres.

En individuel, si la distribution est longue, elle doit être maintenue à au moins 50°C



▲ **Figure 24** : Limites de température imposées par l'arrêté du 23 juin 1978 modifié dans le cas d'une production individuelle de moins de 400 litres et d'un volume entre la sortie du ballon et le point de puisage le plus éloigné supérieur à 3 litres. La longueur maximale des antennes de 8 mètres est une exigence du NF DTU 60.11 P1-2 dans le cas d'un bouclage.

A retenir

Adopter une température de consigne de production entre 55 et 60°C pour limiter les risques microbiologiques. Au-delà, les risques de brûlures, d'entartrage et les consommations sont accrus.

L'arrêté du 23 juin 1978 modifié impose de maintenir le bouclage en permanence à une température supérieure à 50°C pendant la durée d'exploitation et dans les 24 heures précédant l'utilisation des installations. Un abaissement nocturne de la température de bouclage est donc interdit.

Dans le cas d'une production individuelle, éviter le recours à un bouclage ou un traçage très énergivore en ne dépassant pas un volume de 3 litres entre la production et le point de puisage le plus éloigné (cf. 4.3.1.).

3.2.6. • Les autres textes sur la prévention du risque lié aux légionelles

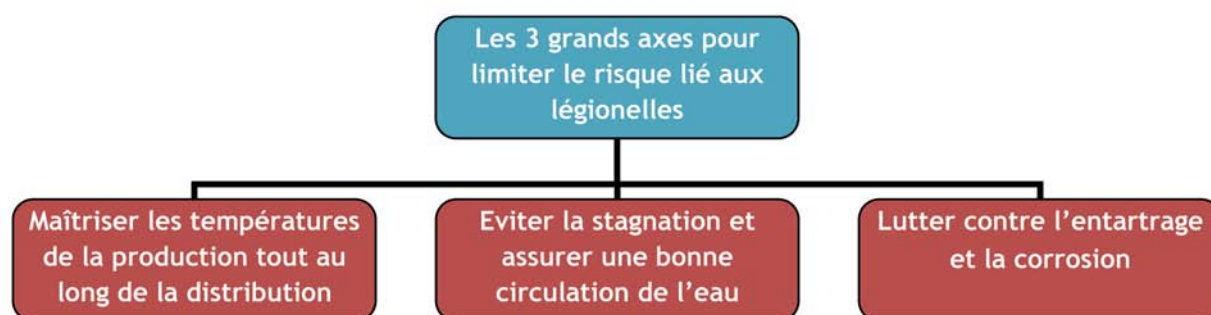
La prévention du risque lié au développement des légionelles fait l'objet également d'un autre arrêté et de plusieurs circulaires de la Direction Générale de la Santé (DGS) :

- **l'arrêté du 1^{er} février 2010** relatif à la surveillance des légionelles dans les installations d'ECS concerne essentiellement les établissements recevant du public. Il impose la réalisation d'analyses légionelles annuellement ainsi qu'un suivi des températures en divers points des installations. La circulaire DGS/EA4 n°2010-448 du 21 décembre 2010 qui accompagne cet arrêté comporte un guide d'information sur les mesures techniques préventives et curatives à prendre pour limiter le risque lié aux légionelles ;
- **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. Cette circulaire comporte en annexe des fiches sur, notamment, les règles de nettoyage et de

désinfection, la conception et la maintenance des installations pour prévenir le risque lié aux légionelles ;

- **la circulaire DGS n° 2002/273 du 2 mai 2002** porte sur la diffusion du rapport du Conseil supérieur d'hygiène publique de France relatif à la gestion du risque lié aux légionelles. Ce rapport donne des recommandations professionnelles pour la conception et la maintenance des installations collectives d'ECS aussi bien pour les bâtiments d'habitation que pour les bâtiments de bureaux ou les établissements recevant du public. Les mesures indiquées sont similaires à celles qui figurent dans la circulaire DGS/SD7A/SD5C-DHOS/E4 n°2002/243 du 22 avril 2002.

Les mesures de prévention des circulaires par rapport au risque lié aux légionelles reposent sur trois grands axes

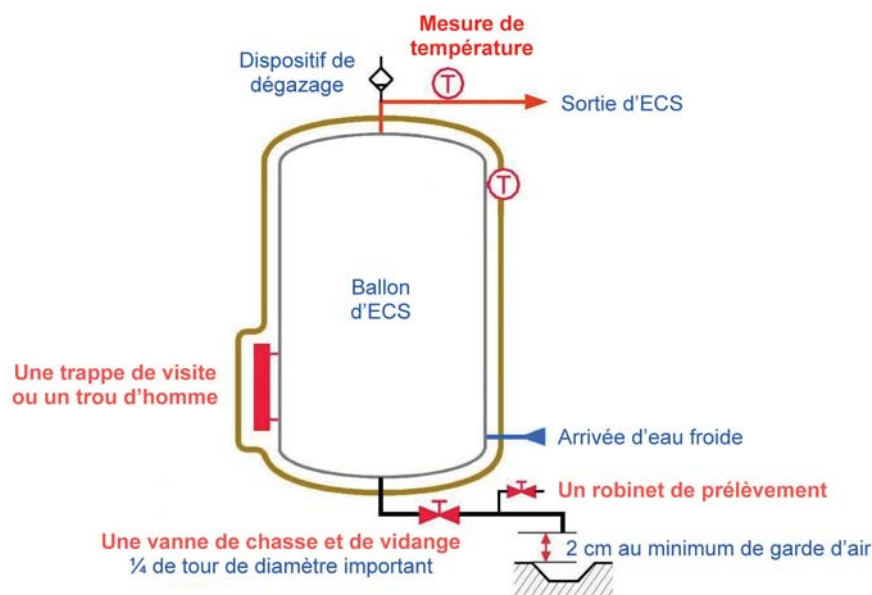


▲ **Figure 25** : Les 3 niveaux sur lesquels il est nécessaire d'agir pour limiter le risque de prolifération des légionelles sur les installations, indiqués dans les circulaires DGS. Par rapport à la maîtrise des températures, il est recommandé de mitiger le plus près possible des points de puisage.

Deux autres guides édités sous l'égide du Ministère de la Santé apportent également des compléments :

- le guide sur la maîtrise du risque de développement des légionelles dans les réseaux d'ECS de janvier 2012 [8] traite plus particulièrement des défaillances et préconisations pour le bouclage d'ECS ;
- le guide technique de maintenance des réseaux d'eau décrit en détail l'ensemble des procédures d'entretien et de maintenance [7].

L'entretien des ballons d'ECS collectifs est à prévoir dès la conception



▲ **Figure 26** : Les circulaires DGS/EA4 n°2010-448 du 21 décembre 2010 et DGS/SD7A/SD5C-DHOS/E4 n°2002/243 du 22 avril 2002 recommandent de prévoir différents équipements pour pouvoir effectuer l'entretien des ballons d'ECS collectifs : un trou d'homme d'au moins 50 cm pour les ballons de plus de 1 000 l, une vanne de purge ¼ de tour en bas de ballon, un robinet de prélèvement en point bas pour les analyses légionelles et la mise en place d'un système de suivi de la température.

A retenir

Des analyses légionelles une fois par an sont imposées par l'arrêté du 1^{er} février 2010 dans les établissements de santé, les établissements sociaux et médico-sociaux d'hébergement (maisons de retraite, foyers,...), les maisons d'arrêt, les établissements de tourisme (hôtels, résidences de vacances, gîtes de plus de 5 chambres,...), les établissements sportifs (piscines, gymnases,...), les stations-services et les établissements scolaires comportant des douches à l'usage du public.

3.3. • Les exigences réglementaires sur la sécurité des équipements

L'alimentation en énergie ainsi que l'évacuation des produits de combustion des équipements font l'objet de nombreux textes réglementaires et para-réglementaires. Ces principaux textes, non spécifiques aux installations d'ECS, sont :

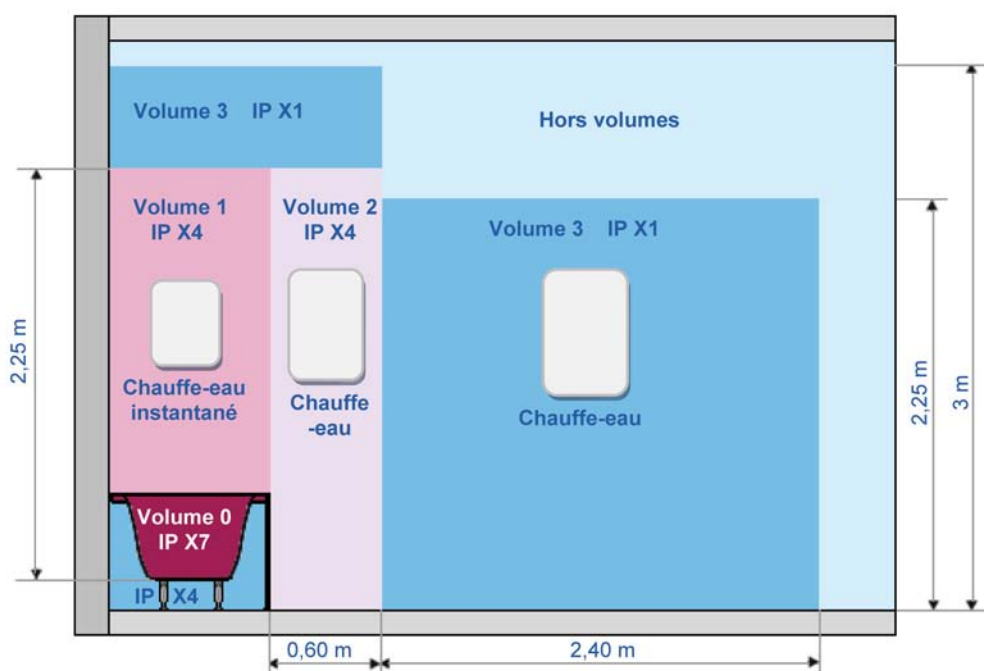
- pour le **raccordement électrique**, les normes NF C 15-100 sur les installations électriques à basse tension et NF C 14-100 sur les installations de branchement à basse tension. Ces deux normes sont d'application obligatoire ;
- pour l'**alimentation en gaz**, l'arrêté du 2 août 1977 modifié relatif aux règles techniques et de sécurité applicables aux installations de combustible et d'hydrocarbures liquéfiés situées à l'intérieur des bâtiments d'habitation ou de leurs dépendances, le

NF DTU 61.1 sur les installations de gaz dans les locaux d'habitation et le DTU 65.4 sur les chaufferies aux gaz et aux hydrocarbures liquéfiés;

- pour **le fioul**, l'arrêté du 21 mars 1968 modifié sur les règles techniques et de sécurité applicables au stockage et à l'utilisation de produits pétroliers ;
- pour **l'évacuation des produits de combustion**, le NF DTU 24.1 sur les travaux de fumisterie ;
- pour **les chaufferies**, l'arrêté du 23 juin 1978 modifié relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en ECS des bâtiments d'habitation et de bureaux ou recevant du public.

La (Figure 27) présente, par exemple, les spécifications imposées par la NF C 15-100 pour l'implantation d'un chauffe-eau et les degrés de protection des matériels exigés dans la salle de bains.

L'implantation des chauffe-eau dans la salle de bains doit répondre aux exigences de la NF C 15-100



▲ Figure 27 : La NF C 15-100 spécifie que les chauffe-eau à accumulation doivent être installés dans le volume 3 de la salle de bains ou hors volumes. Si les dimensions de la salle de bains ne le permettent pas, ils peuvent néanmoins être installés dans le volume 2. Ils peuvent également être positionnés en volume 1 à condition qu'ils soient de type horizontal et placés le plus haut possible. Quant aux chauffe-eaux instantanés, ils peuvent être installés aussi en volume 1 et 2.



La maîtrise des consommations énergétiques

4



La maîtrise des consommations énergétiques d'ECS ne se limite pas à opter pour un système de production performant mais nécessite de considérer l'installation dans sa globalité ainsi que son usage. La démarche à suivre lors de la conception consiste :

- tout d'abord à limiter les besoins d'ECS notamment par le choix des équipements sanitaires ;
- puis à minimiser les pertes thermiques ;
- et enfin à recourir à un système de production d'ECS performant.

A retenir

Outre la conception des installations d'ECS, les phases de mise en œuvre, de commissionnement et d'entretien sont très importantes pour obtenir les performances attendues, comme le montrent les résultats de suivis.

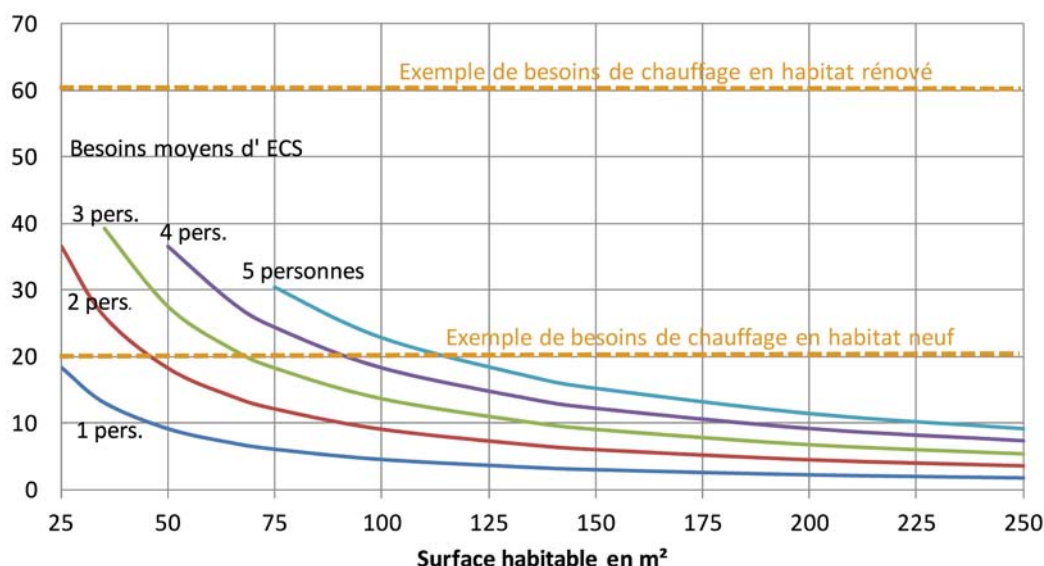
Ce chapitre s'attache tout d'abord à montrer le poids des différents postes énergétiques d'une installation d'ECS afin d'en donner une vision globale. Il rappelle ensuite les principales exigences réglementaires en ce domaine. Puis il décrit les leviers sur lesquels agir pour limiter les consommations et les différentes solutions de production envisageables, en suivant la démarche globale d'optimisation indiquée ci-avant.

4.1. • Les différents postes de consommation

L'ECS est un poste énergétique important notamment en résidentiel. Dans les bâtiments d'habitation neufs, les besoins d'ECS sont du même ordre de grandeur que ceux de chauffage voire supérieurs dans le cas d'appartements (Figure 28).

Plus la surface habitable et les besoins de chauffage sont faibles, plus le poids de l'ECS est important dans le bilan énergétique des logements

Besoins en kWh/m²Shab.an



▲ Figure 28 : Evolution des besoins annuels d'ECS en kWh/m²Shab.an en fonction du nombre de personne et de la surface habitable. Les valeurs indiquées correspondent à un besoin moyen d'ECS de 45 l par jour et par personne à 40°C.

La consommation énergétique d'ECS se décompose en plusieurs postes dont la répartition est très variable :

- **les besoins d'ECS** peuvent représenter de moins d'un quart à plus de trois quarts des consommations selon la configuration rencontrée ;
- **les pertes de la distribution individuelle** correspondent généralement à 5 à 20% des besoins selon l'emplacement des points de puisage par rapport à la production ou la boucle d'ECS ;
- **les pertes de la distribution collective** constituent souvent un poste de consommation important sur les installations collectives. Ces pertes thermiques peuvent même être supérieures aux besoins sur certaines installations. Les consommations des circulateurs de bouclage ne représentent généralement que quelques pourcents de ces pertes ;
- **les pertes des ballons** éventuels dépendent fortement des capacités installées. Leur poids est généralement limité sur les installations de production d'ECS collective semi-instantanée ou semi-accumulée mais beaucoup plus important pour les systèmes de production à accumulation notamment individuels. Ainsi pour l'exemple de 40 logements présenté ci-après, les pertes du ballon échangeur collectif estimées représentent moins de 1 kWh/m²Shab.an. Si ce même bâtiment était équipé de ballons électriques individuels (NF Electricité Performance de catégorie B), leurs pertes correspondraient à environ 9 kWh/m²Shab.an ;

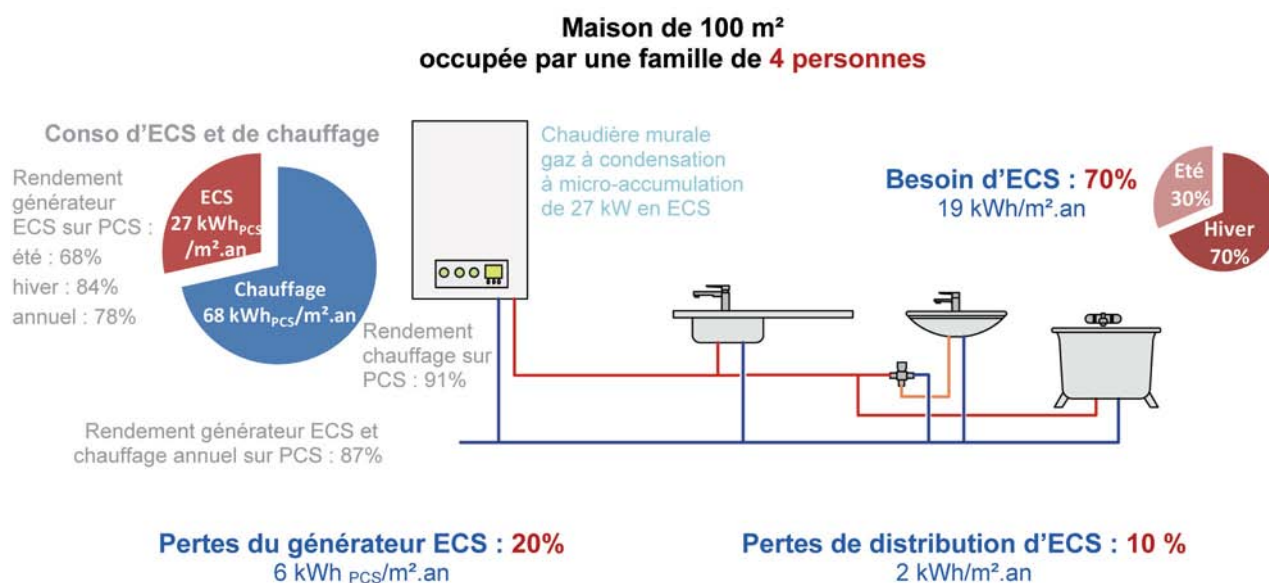


- **les pertes du générateur** dépendent du système mais également fortement des besoins d'ECS. Paradoxalement plus les occupants sont nombreux et consomment, meilleure est en général l'efficacité énergétique du système et plus aussi les temps de retour sur investissement sont courts. En été, une dégradation des performances est généralement observée pour les systèmes assurant le chauffage et l'ECS.

Les figures suivantes présentent la répartition de ces différents postes de consommation estimée pour 3 exemples habitat rénové :

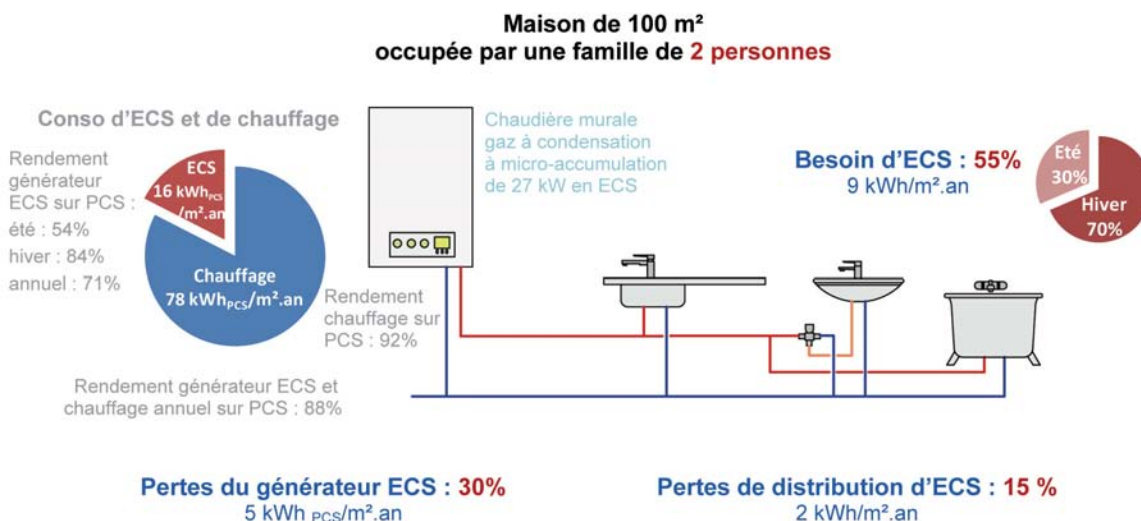
- Une maison de 100 m² occupée par 4 personnes équipée d'une chaudière murale gaz à condensation à micro-accumulation ;
- La même maison avec 2 personnes au lieu de 4 afin d'illustrer l'impact des besoins d'ECS ;
- Un immeuble de 40 logements doté d'une production collective.

En individuel, la répartition des postes de consommation est très variable



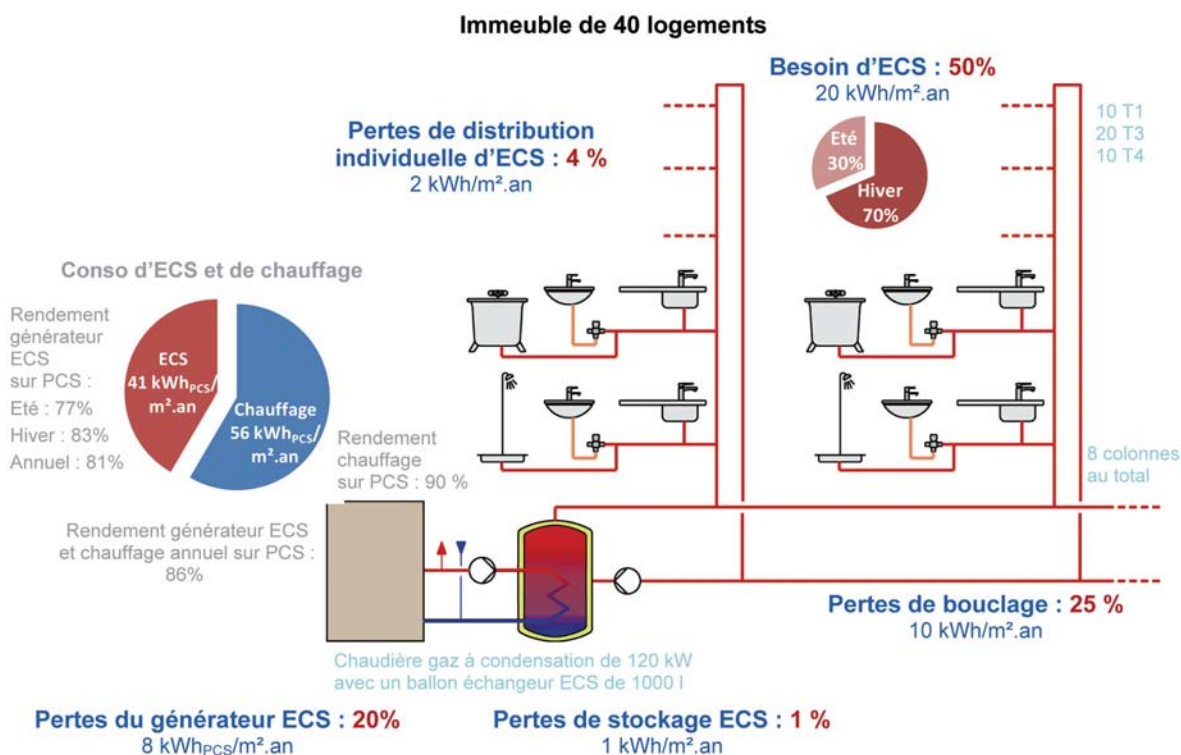
▲ **Figure 29** : Exemple de répartition des consommations estimées dans le cas d'une maison rénovée de 100 m² de surface habitable occupée par une famille de 4 personnes équipée de radiateurs basse température. Les rendements de générateur considérés proviennent d'études de cas basées sur des résultats d'essai [1]. Sur le terrain, suivant les installations, des valeurs plus faibles peuvent être observées. Ainsi pour une famille de 4 personnes avec des besoins d'ECS 75% plus élevés comme (Figure 1), avec une chaudière ayant un rendement annuel pour l'ECS de 40% sur PCS, la consommation énergétique pour l'ECS est de 92 kWh_{PCS}/m².an, soit plus de 3 fois plus. Les besoins d'ECS dans ce cas ne représentent que 35% des consommations d'ECS. Les consommations des auxiliaires du générateur ne sont pas prises en compte.

Moins les occupants sont nombreux et consomment, plus l'efficacité énergétique est faible



▲ **Figure 30** : Exemple de répartition des consommations estimées dans le cas de la même maison qu'à la figure précédente, occupée par 2 personnes au lieu de 4. Les besoins d'ECS représentent dans ce cas 55% des consommations d'ECS contre 70% dans le cas de 4 personnes. Le rendement moyen en été du générateur, estimé à partir d'études de cas basées sur des résultats d'essai [1], est d'environ 55% sur PCS contre 70% précédemment, étant donné les besoins d'ECS plus faibles. Les consommations de chauffage, estimées par des simulations, sont un peu plus élevées compte tenu de la diminution des apports internes.

En collectif, le bouclage représente souvent le premier poste de pertes



▲ **Figure 31** : Exemple de répartition des consommations estimées dans le cas d'un immeuble de 40 logements renové ayant une surface habitable de 2 550 m². La boucle calorifugée en classe 2 représente le premier poste de pertes. Les rendements de générateur considérés proviennent d'études de cas. Sur le terrain, suivant les installations, des valeurs plus faibles peuvent être observées. Ainsi pour un immeuble avec des besoins d'ECS 20% plus élevés, des colonnes non calorifugées et une chaudière ayant un rendement annuel pour l'ECS de 40% sur PCS, la consommation énergétique pour l'ECS est de 135 kWh_{PCS}/m².an, soit plus de 3 fois plus. Les besoins d'ECS dans ce cas ne représentent qu'environ 20% des consommations d'ECS. Les consommations des auxiliaires ne sont pas prises en compte.

A retenir

« La meilleure énergie, c'est celle que l'on ne consomme pas ». C'est pourquoi il est important tout d'abord de limiter les besoins notamment par le choix des équipements sanitaires et de minimiser les pertes thermiques. Les déperditions du bouclage représentent souvent le premier poste de pertes (10 kWh/m²shab.an pour l'exemple présenté). Le recours à un système de production d'ECS performant est la dernière étape de la démarche d'optimisation des consommations.

4.2. • Les exigences réglementaires

Les principaux textes réglementaires qui fixent des obligations en matière de performance énergétique des installations d'ECS sont les suivants :

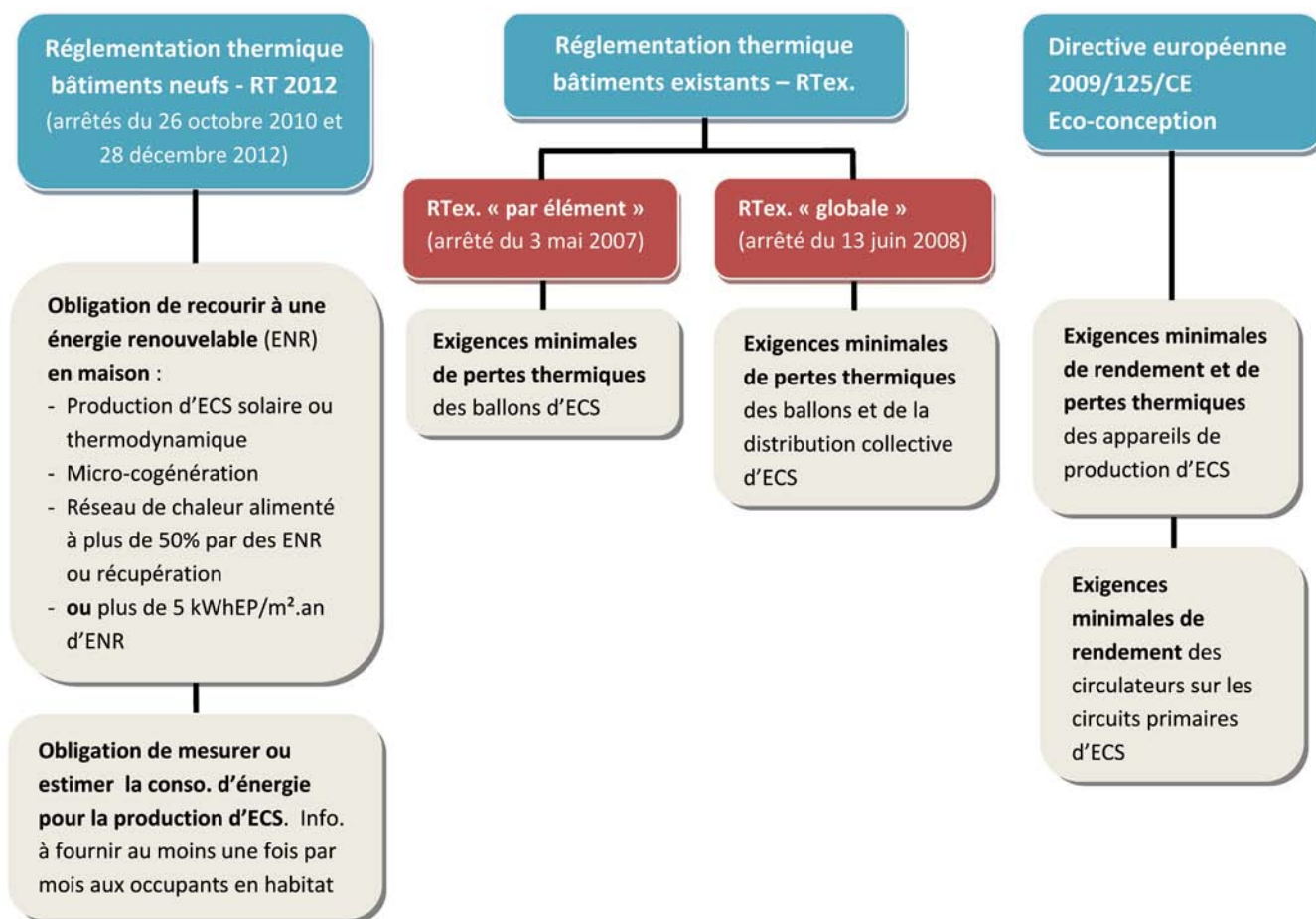
- **La réglementation thermique RT2012.** Les arrêtés du 26 octobre 2010 et du 28 décembre 2012 concernant les bâtiments neufs comportent avant tout des exigences de résultats. Ils imposent, pour les 5 usages réglementés (chauffage, ECS, refroidissement, auxiliaires et éclairage), une consommation conventionnelle d'énergie maximale de 50 kWh/m²Shon_{RT}.an (valeur modulée en fonction de différents coefficients). Les seules exigences de moyens concernant l'ECS portent sur l'obligation de recourir à une source d'énergie renouvelable en habitat individuel pour la production d'ECS ou d'autres usages (Figure 32) et de mesurer ou d'estimer les consommations d'énergie pour la production d'ECS en habitat. Dans les bâtiments neufs et parties nouvelles, hors habitat individuel, une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie réalisée selon l'arrêté du 18 décembre 2007 modifié est imposée si leur surface dépasse 50 m² ;
- **La réglementation thermique sur les bâtiments existants.** Si les coûts des travaux de rénovation des constructions d'après 1948, sur 2 ans, dépassent 25% de la valeur du bâtiment (calculée selon l'arrêté du 20 décembre 2007) et que la surface hors œuvre nette (SHON) est supérieure à 1000 m², une réglementation sur la performance énergétique globale du bâtiment RTex. « globale » (arrêté du 13 juin 2008) s'applique. Cette réglementation fixe, pour la distribution collective et la production d'ECS, des exigences minimales de pertes thermiques (cf. 4.2.1.). Une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie réalisée selon l'arrêté du 18 décembre 2007 modifié est également imposée. Dans tous les autres cas, les éléments installés à l'occasion de travaux doivent présenter des performances énergétiques minimales définies par l'arrêté du 3 mai 2007 (RTex. « par élément »). Ces performances en ECS portent essentiellement sur les pertes thermiques des ballons ;



- **La directive européenne 2009/125/CE Eco-conception.** Les règlements d'application de cette directive n°814/2013 sur les chauffe-eau et les ballons d'ECS et n°813/2013 sur les appareils de chauffage simple ou double-service fixent des exigences minimales de rendement à satisfaire par les produits mis sur le marché à partir du 26 septembre 2015. Des exigences maximales de pertes thermiques des ballons d'ECS sont également imposées à partir du 26 septembre 2017. Ces règlements concernent les appareils de moins de 400 kW et d'une capacité inférieure à 2000 litres. Par ailleurs, le règlement d'application de la directive Eco-conception n°641/2009 sur les circulateurs impose l'utilisation de circulateurs à haut rendement sur le circuit primaire des équipements de production d'ECS et sur les circuits de chauffage. Cette exigence est imposée à partir du 1^{er} août 2015 pour les circulateurs intégrés aux équipements (circulateur intégré à l'échangeur d'ECS, à la chaudière...) et depuis le 1^{er} janvier 2013 pour les circulateurs indépendants. A noter également, l'obligation d'étiquetage énergétique pour les appareils de production d'ECS (règlement n°812/2013) et les appareils de chauffage double-service (règlement n°811/2013) de moins de 70 kW et d'une capacité inférieure à 500 litres à partir du 26 septembre 2015 dans le cadre de la directive européenne 2010/30/UE sur l'étiquetage.

D'autres textes réglementaires fixent par ailleurs des obligations en matière d'individualisation des charges d'eau froide et d'ECS en habitat collectif (cf. 4.2.2.).

Les principaux textes réglementaires qui imposent des exigences de performance en ECS sont la réglementation thermique et la directive Eco-conception



▲ Figure 32 : Les principaux textes et exigences réglementaires en matière de performance énergétique des installations d'ECS.

A retenir

La RT2012 n'impose pratiquement plus aucune exigence de moyens concernant les installations d'ECS contrairement aux précédentes réglementations thermiques : pas de valeurs limites de pertes thermiques des ballons et de la distribution collective... Les seules exigences de moyens portent sur l'obligation de recourir à une source d'énergie renouvelable en habitat individuel pour la production d'ECS ou d'autres usages et d'informer au moins une fois par mois les occupants de leur consommation d'énergie pour la production d'ECS en habitat.

4.2.1. • Les exigences sur les performances des systèmes

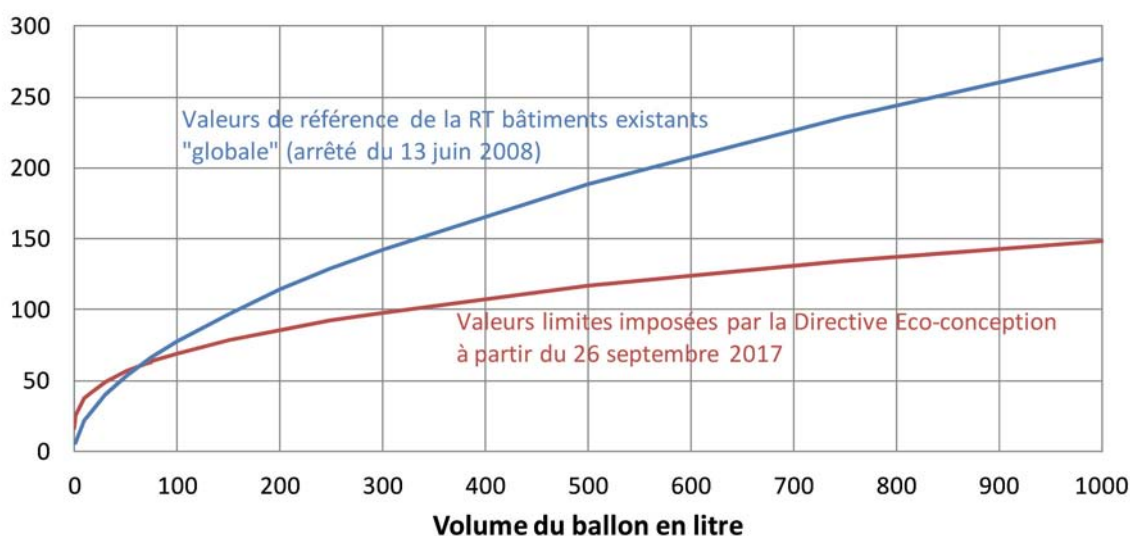
Des **valeurs minimales de rendement** des appareils de production d'ECS simple ou double-service sont imposées par la réglementation thermique sur les bâtiments existants et par la directive Eco-conception. Cette dernière fixe des valeurs plus exigeantes. Ainsi, à partir du 26 septembre 2015, il ne subsistera sur le marché des chaudières à gaz pratiquement plus que des appareils à condensation.

Des **valeurs maximales de pertes thermiques des ballons d'ECS** sont également imposées par ces réglementations. Différentes grandeurs permettent de quantifier ces pertes :

- la constante de refroidissement C_r . C'est l'énergie consommée en 24 heures par le ballon en l'absence de soutirage, par litre et par degré d'écart entre l'eau chaude stockée et l'ambiance ;
- les pertes statiques Q_{pr} sont une grandeur utilisée pour les chauffe-eau électriques. Elle correspond aux pertes thermiques en kWh sur 24 heures déterminées selon la norme NF EN 60379 pour un écart entre l'eau chaude stockée et l'ambiance de 45 K ;
- UA est un coefficient de pertes exprimé en W/K utilisé pour les ballons solaires déterminé selon la norme NF EN 12977-3 ;
- dans la directive Eco-conception, les valeurs limites de pertes thermiques imposées sont exprimées en Watt (Figure 30).

La directive Eco-conception impose pour un ballon d'ECS de 1 000 litres des pertes thermiques de moins de 150 W

Pertes thermiques en Watt



▲ **Figure 33** : Pertes thermiques maximales des ballons d'ECS imposées par la Directive Eco-conception et valeurs prises en référence dans la réglementation thermique sur les bâtiments existants. Une température d'ECS de 60°C et une ambiance autour du ballon à 20°C ont été considérées pour passer d'une valeur de constante de refroidissement en Wh/litre.K.jour telle que spécifiée dans la réglementation thermique à une valeur de pertes thermiques en Watt.

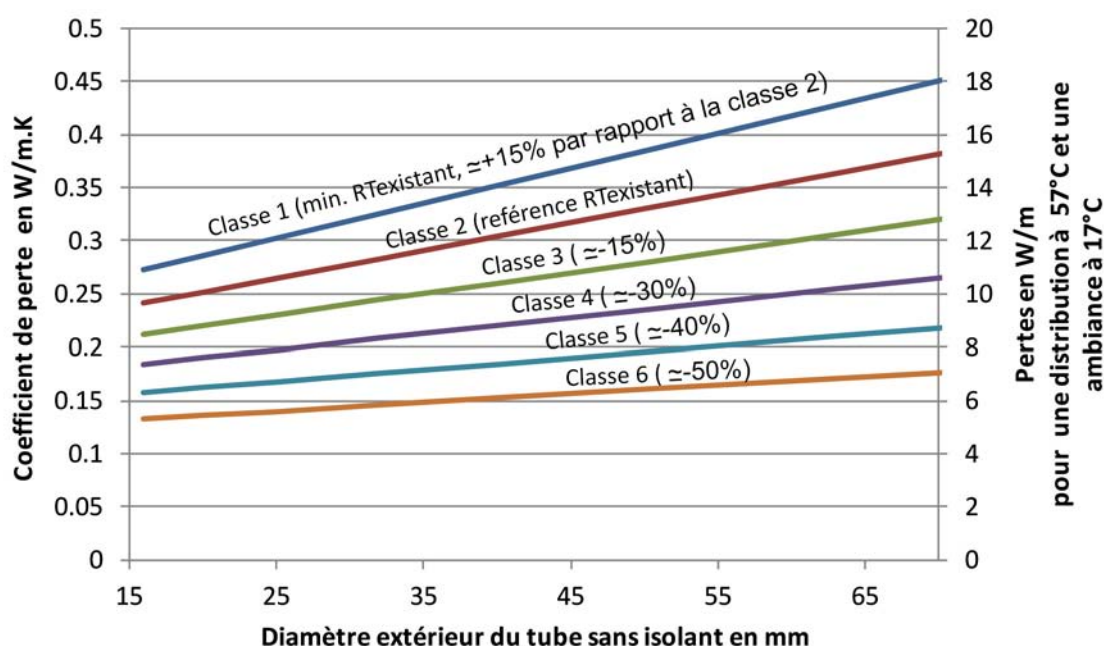
A retenir

La directive européenne Eco-conception impose des exigences minimales de rendement pour les chauffe-eau et les appareils de chauffage simple ou double-service, de moins de 400 kW et d'une capacité inférieure à 2000 litres, mis sur le marché à partir du 26 septembre 2015. Elle fixe également des exigences de pertes thermiques maximales pour les ballons d'ECS, à partir du 26 septembre 2017.

La directive Eco-conception impose, par ailleurs, l'utilisation de circulateurs à haut rendement sur le circuit primaire des équipements de production d'ECS et sur les circuits de chauffage à partir du 1^{er} août 2015 pour ceux intégrés aux équipements (circulateur intégré à l'échangeur d'ECS, à la chaudière...) et depuis le 1^{er} janvier 2013 pour ceux indépendants.

Des **valeurs maximales de pertes thermiques de la distribution collective** d'ECS figurent également dans la réglementation thermique « globale » sur les bâtiments existants (arrêté du 13 juin 2008). Une isolation à minima de classe 1 selon la norme NF EN 12828 est exigée. Une isolation de classe 2 est considérée dans le calcul de la consommation de référence (Figure 34). Le NF DTU 60.11 P1-2 impose également une isolation à minima de classe 1.

Une isolation de classe 6 diminue les pertes de la boucle d'ECS d'environ 50% par rapport à une classe 2



▲ Figure 34 : Évolution des pertes thermiques en fonction du diamètre extérieur du tube et de la classe d'isolation thermique telle que définie dans la norme NF EN 12828. Les valeurs correspondantes d'épaisseur d'isolant sont indiquées en [Annexe 1].

Le calorifugeage des canalisations d'ECS traversant des volumes non chauffés est imposé par le DTU 65.10 relatif aux canalisations d'eau et le NF DTU 60.1 sur la plomberie sanitaire.

A retenir

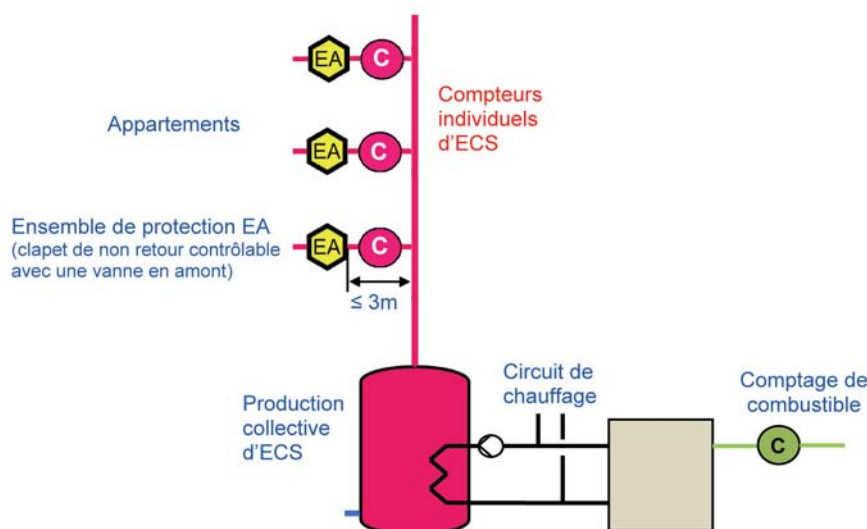
Le niveau d'exigence minimal imposé par la réglementation thermique « globale » sur les bâtiments existants et le NF DTU 60.11 P1-2 pour l'isolation du bouclage est très faible : une classe 1 seulement. Une isolation de classe 6 par rapport à une isolation de classe 1 permet de réduire d'environ 60% les pertes thermiques du bouclage.

4.2.2. • Les exigences sur le comptage

Les premières exigences réglementaires sur le comptage datent du 1^{er} choc pétrolier. Dans les immeubles d'habitation pourvus d'une **production d'ECS collective**, l'article 4 de la loi du 29 octobre 1974 sur les économies d'énergie oblige de répartir les frais d'énergie relatifs à l'ECS en fonction des consommations individuelles. Les modalités

d'application sont précisées dans le décret du 19 juin 1975 et l'arrêté du 25 août 1976 sur la répartition des frais d'ECS. La pose de compteurs individuels d'ECS n'est pas imposée dans les immeubles construits avant 1975 si le nombre de compteurs nécessaire est supérieur à 2 fois le nombre de logement ou si plus de 15% des compteurs sont inaccessibles.

Le comptage individuel d'ECS est obligatoire dans le cas d'une production collective d'ECS



▲ Figure 35 : Les frais de combustible ou d'énergie liés à l'ECS doivent être répartis en fonction des consommations individuelles dans le cas d'une production collective en immeuble d'habitation (loi du 29 octobre 1974). Le NF DTU 60.1 impose, par ailleurs, que l'ensemble de protection EA soit placé le plus près possible du piquage à moins de 3 mètres.

La réglementation sur le **comptage individuel d'eau froide dans les immeubles d'habitation** qui contribue également à une meilleure maîtrise des consommations d'ECS date d'une trentaine d'années plus tard. L'article 93 de la loi du 13 décembre 2000 modifiée relative à la solidarité et au renouvellement urbains (SRU) impose au service public de distribution d'eau de procéder, si les propriétaires le demandent, à l'individualisation des charges d'eau froide. Les modalités d'application de cette loi sont spécifiées dans le décret du 28 avril 2003 et la circulaire UHC/QC 4/3 n° 2004-3 du 12 janvier 2004 relative à l'individualisation des contrats de fourniture d'eau. Dans une copropriété, l'individualisation ne peut être demandée que si elle est acceptée par la majorité.

Dans les immeubles neufs, le décret du 10 mai 2007 relatif au comptage de la fourniture d'eau froide prévoit la pose obligatoire de compteurs individuels d'eau froide. La relève de ces compteurs ne doit pas nécessiter de pénétrer dans les logements.

La dernière obligation dans ce domaine a été imposée par la RT2012. Les bâtiments neufs d'habitation doivent être équipés de systèmes permettant de mesurer ou d'estimer la consommation d'énergie de chaque logement et d'**informer les occupants au moins une fois par mois de leur consommation d'énergie** notamment pour la production d'ECS. Une fiche du 30 mai 2013 émanant des ministères, de l'ADEME

et du CSTB précise les modalités de mise en œuvre [4]. Pour les bâtiments neufs à usage autre que d'habitation des systèmes permettant de mesurer ou de calculer la consommation d'énergie pour la production d'ECS sont obligatoires.

A retenir

La mise à disposition d'informations sur les consommations d'eau froide et d'eau chaude sanitaire contribue à la maîtrise des consommations à condition que les usagers soient accompagnés dans la lecture et la compréhension des informations et sur les actions à mener. Cette information ne suffit pas à elle-même [16].

Dans le cas d'une production collective d'ECS, la pose de compteurs individuels d'ECS est obligatoire.

4.3. • La limitation des besoins

Supprimer les volumes d'ECS inutilement soutirés constitue la première priorité. Outre l'impact énergétique, cela contribue également à la préservation des ressources en eau.

Il est nécessaire, par ailleurs, de veiller à ce que la limitation des besoins ne soit pas réalisée au détriment du confort des usagers. Confort et économie doivent aller de pair [16].

4.3.1. • L'optimisation de la distribution

Les **distributions individuelles d'ECS doivent les plus courtes possibles** afin de réduire les pertes d'eau et d'énergie liées aux temps d'attente de l'eau chaude aux robinets. Cela concourt également à un meilleur confort et une limitation des risques sanitaires.

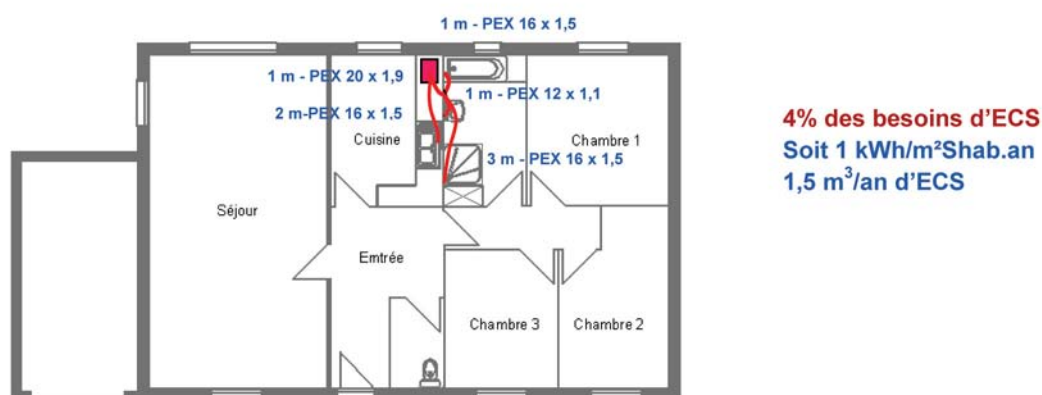
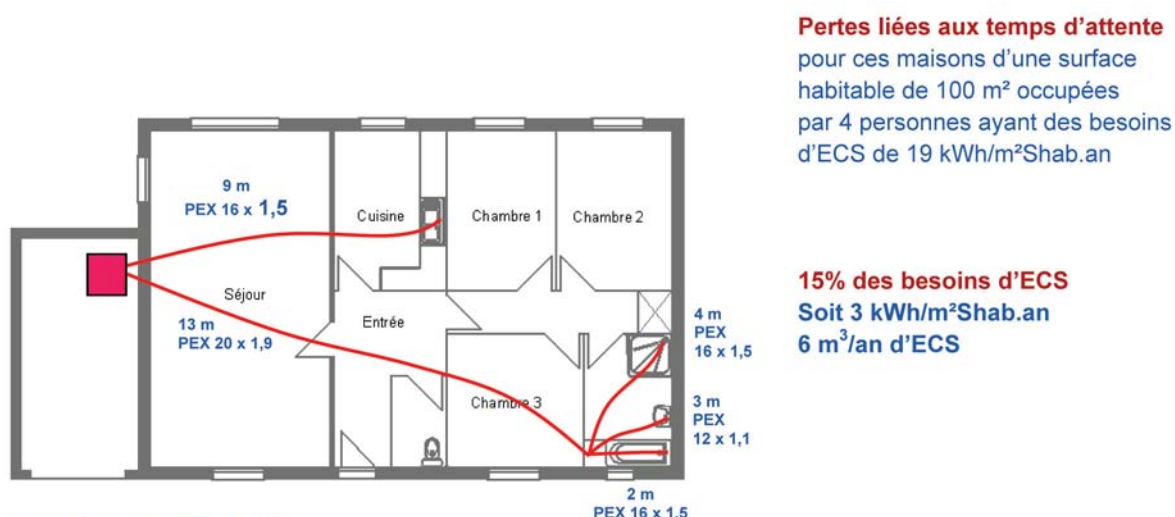
Pour cela, il est nécessaire au stade de la conception de :

- veiller à ce que les salles de bains et les cuisines soient placées à proximité dans les logements de manière à ce que les points de puisage soient le plus possible regroupés. L'attente de confort importante des usagers de disposer d'un éclairage naturel dans la salle de bains est toutefois une autre contrainte à prendre également en compte vis-à-vis de la localisation de cette pièce ;
- positionner la production individuelle ou la boucle d'ECS le plus près possible des points de puisage. Le NF DTU 60.11 P1-2 impose que les longueurs des antennes entre la boucle et les points de puisage ne dépassent pas 8 mètres. Dans le cas d'une production individuelle, 8 mètres est également une longueur maximale souvent préconisée.

Si les points de puisage ne peuvent être regroupés, par exemple pour une très grande maison, il est possible dans ce cas d'installer un appareil de production complémentaire à proximité des postes de puisage

éloignés. Dans le cas d'une production individuelle, le recours à un bouclage ou à un traçage, imposé par l'arrêté du 23 juin 1978 modifié si le volume entre la production et le point de puisage le plus éloigné est supérieur à 3 litres, doit être évité car il est très énergivore.

La longueur de la distribution individuelle est à minimiser



▲ **Figure 36 :** Pertes liées aux temps d'attente estimées pour 2 exemples. Les volumes soutirés à une température inférieure à 45°C pour la douche, la vaisselle et le nettoyage sont considérés comme perdus. Les temps d'attente varient selon les longueurs de distribution et les débits d'ECS choisis à l'ouverture des robinets.

A retenir

8 mètres est la longueur maximale de la distribution individuelle souvent préconisée pour limiter à la fois les pertes en eau et en énergie, l'inconfort et les risques sanitaires. Elle est imposée par le NF DTU 60.11 P1-2 dans le cas d'un bouclage.

Dans le cas d'une production individuelle, éviter le recours à un bouclage ou un traçage très énergivore imposé au-delà d'un volume de 3 litres entre la production et le point de puisage le plus éloigné.



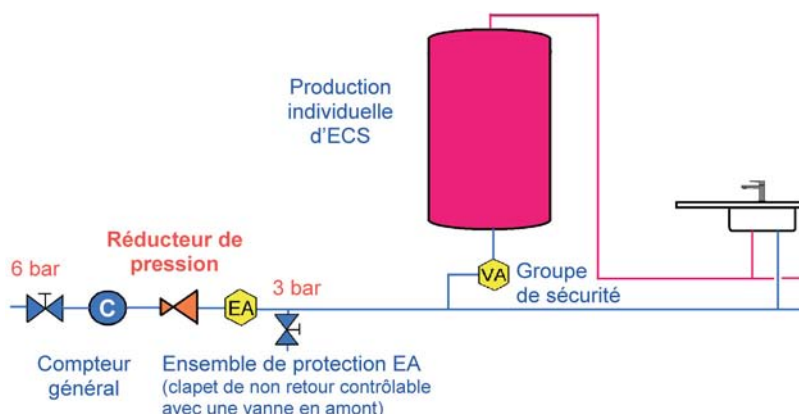
4.3.2. • La réduction de la pression

L'installation de réducteur de pression est à prévoir si la pression dépasse 4 bar au point de puisage conformément au NF DTU 60.1 P1-1-1. Cela permet d'éviter les débits inutilement élevés et concourt également à améliorer le confort et la pérennité de l'installation. Pour une même ouverture de robinet, une pression de 6 bar par exemple au lieu de 3 bar, conduit à des débits 40% plus élevés, dans le cas d'un robinet non équipé d'un régulateur de débit.

La valeur de réglage du réducteur de pression adoptée ne doit pas conduire à des pressions trop basses par rapport aux exigences de certains équipements (chaudières murales, mitigeurs thermostatiques par exemple) et aux contraintes réglementaires. L'article R 1321-58 du Code de la santé publique exige une pression en tous points du réseau d'au moins 0,3 bar au moment de la pointe de consommation. Le NF DTU 60.11 P1.1 recommande pour les immeubles d'habitation, une pression minimale de 1 bar à l'entrée de chaque logement. Généralement, les réducteurs sont pré-réglés à 3 bar, pression de référence des normes d'essais de robinetterie.

Les réducteurs de pression ne doivent pas être installés uniquement pour limiter la pression du réseau d'ECS. Le déséquilibre qui en résulte entre les pressions d'eau froide et d'eau chaude engendre des difficultés de réglage au niveau des robinetteries (notamment des mitigeurs thermostatiques) et augmente les risques de retour d'eau froide dans l'eau chaude.

Les pressions d'eau froide et d'eau chaude doivent être limitées



▲ Figure 37 : Si la pression au point de puisage excède 4 bar, un réducteur de pression est à installer. Il doit être placé sur l'arrivée générale d'eau froide de la maison et non uniquement sur l'alimentation d'eau froide de la production d'ECS afin de limiter à la fois la pression du réseau d'eau chaude et d'eau froide.

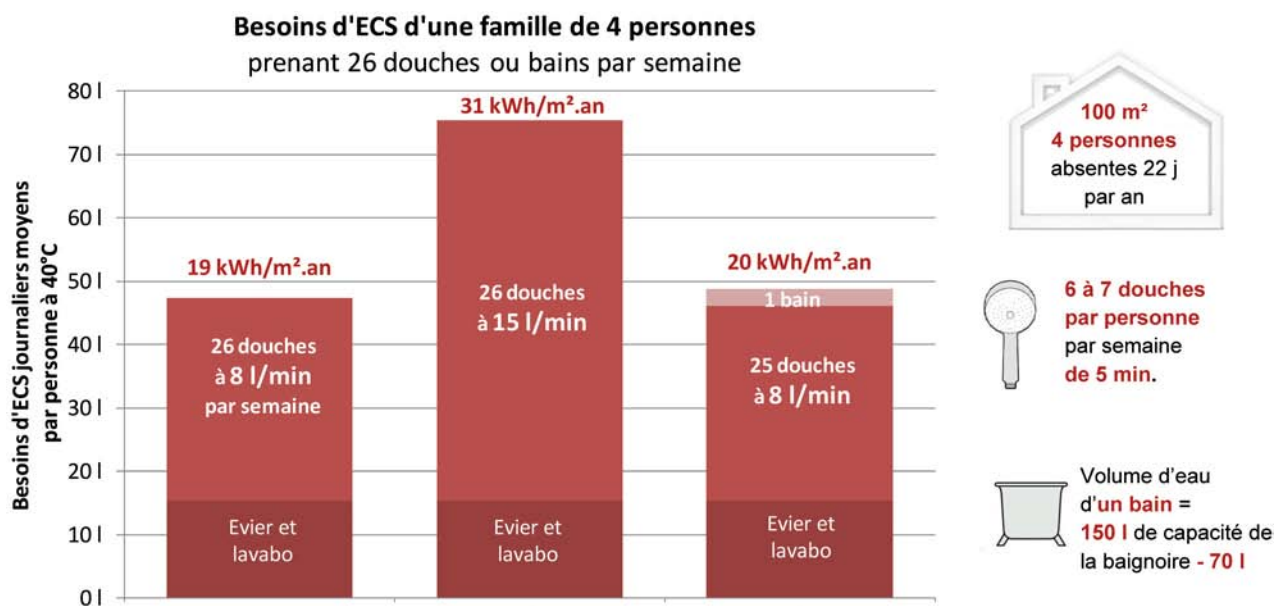
A retenir

Installer des réducteurs si la pression au point de puisage dépasse 4 bar, comme spécifié dans le NF DTU 60.1. Ne pas limiter uniquement la pression en ECS.

4.3.3. • Le choix des équipements sanitaires

Il importe également d'être très vigilant sur le choix des équipements sanitaires [26], tout particulièrement pour la douche, le premier poste de consommation en résidentiel. Certains équipements tels que les cabines de douches hydro, les colonnes de douche multijets qui présentent des débits élevés sont très consommateurs.

Le débit de la douche influe fortement sur les consommations



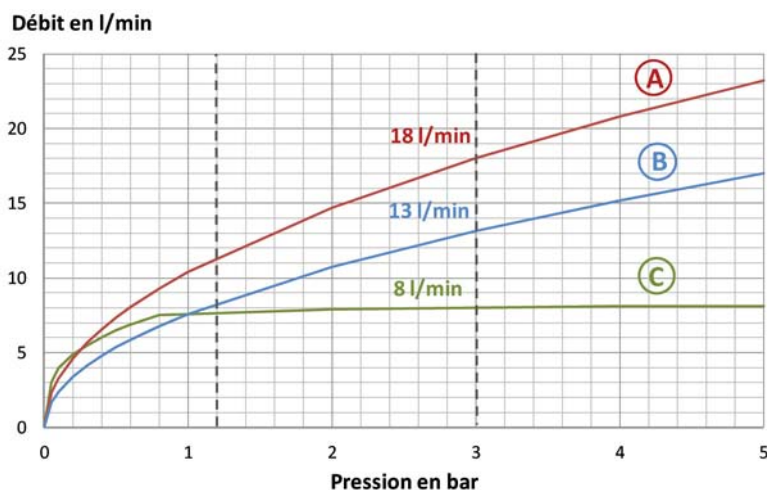
▲ **Figure 38** : Variation des besoins d'ECS en fonction du débit de la douche. Pour une famille de 4 personnes prenant 26 douches par semaine, un débit d'eau mitigée à 38°C de 15 l/min au lieu de 8 l/min conduit à une augmentation des besoins d'ECS de 60%. Ce débit de douche influe beaucoup plus sur les consommations que la prise d'un bain par semaine (cas fréquent). Les besoins énergétiques d'ECS en kWh/m².an ont été déterminés pour une maison de 100 m². Le volume d'eau considéré pour un bain est de 80 l. Cela correspond à la valeur de la capacité d'une baignoire de 150 litres à laquelle on soustrait 70 litres pour tenir compte du fait que la baignoire n'est pas complètement remplie.

Le choix de la **pomme de douche** mérite également une attention particulière comme le montre la (Figure 38). Les débits d'un produit à l'autre varient de manière importante : d'environ 4 à plus de 20 l/min sous 3 bar. Il est préférable d'opter pour des pommes de douche avec des débits pas trop élevés de manière à limiter les consommations. Des débits trop faibles peuvent entraîner, à contrario, des temps de soutirage plus longs pour obtenir un rinçage suffisant.

Il est nécessaire de tenir compte pas uniquement de la valeur de débit normative sous 3 bar mais également de la variation du débit en fonction de la pression. Sur l'installation, la pression à l'entrée de la pomme de douche est susceptible d'être beaucoup moins élevée et d'entraîner des débits plus faibles à moins que la pomme de douche dispose d'un régulateur de débit. Comme le montre la (Figure 39), un débit de 7,6 l/min sous 1 bar correspond à environ 13 l/min sous 3 bar pour une pomme de douche sans régulateur, contre 8 l/min sous 3 bar pour une pomme avec un régulateur de débit.

Le débit ne doit pas cependant être le seul critère de sélection. Il est important de veiller à la fois au débit et au confort (qualité du jet...). Ainsi un débit de 8 l/min par exemple, peut s'avérer confortable ou non selon les produits.

Les caractéristiques de débit des pommes de douche sont très variables d'un produit à l'autre



▲ **Figure 39** : Exemple de caractéristiques de débit de 3 pommes de douche différentes. Les débits varient de 8 à 18 l/min pour une pression d'alimentation de 3 bar. La pomme de douche C comporte un régulateur de débit si bien que son débit est pratiquement identique de 1 à 5 bar contrairement aux autres pommes de douche A et B non équipées de régulateur de débit.

A retenir

Le choix de la pomme de douche est très important vis-à-vis de la maîtrise des consommations d'ECS. Il faut veiller à la fois à ses caractéristiques débit-pression et au confort. Des débits limités peuvent se traduire ou non par une dégradation du confort selon les produits. Économie et confort doivent toujours aller de pair.

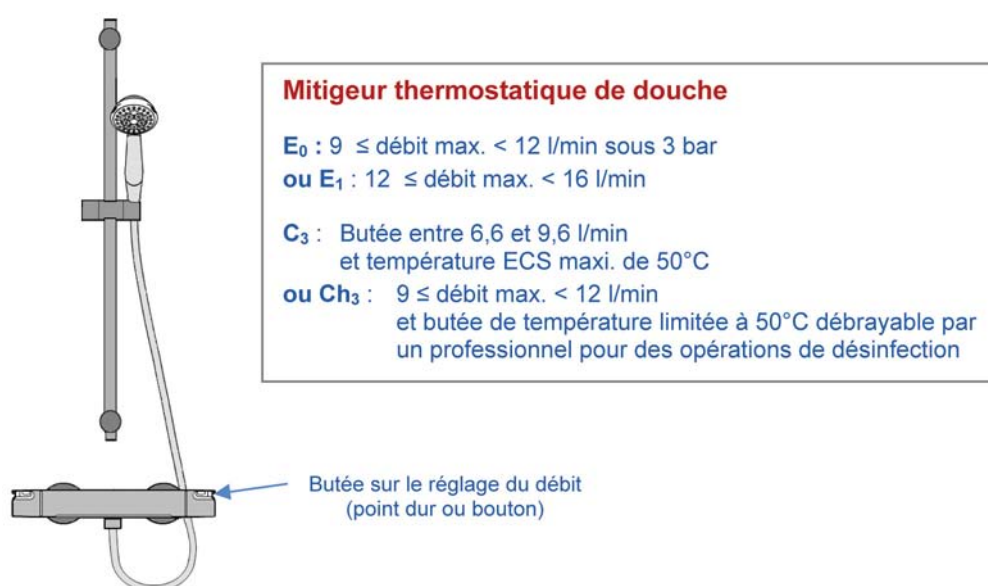
Pour choisir la **robinetterie du poste de douche**, il convient également d'être vigilant à la fois sur ses caractéristiques de débit et sur ses performances. Le classement ECAU et EChAU de la marque NF Robinetterie Sanitaire permet de juger des caractéristiques hydrauliques et d'écoulement (E), de confort et d'économie d'eau et d'énergie (C ou Ch), acoustiques (A), mécaniques et d'usure (U) des mitigeurs destinés respectivement à des usages domestiques et au tertiaire. Les robinetteries de douche pour l'habitat sont généralement classées E₁, ce qui correspond à un débit en pleine ouverture, avec une douchette, compris entre 12 et 16 l/min sous 3 bar. Les mitigeurs mécaniques classés C₂ et les mitigeurs thermostatiques C₂ ou C₃ disposent en plus d'un point dur ou d'un bouton qui permet de limiter les débits entre 6,6 et 9,6 l/min sous 3 bar. Les mitigeurs mécaniques classés Ch₂ et les mitigeurs thermostatiques classés Ch₂ ou Ch₃ ont, quant à eux, un débit maximal compris entre 9 et 12 l/min sous 3 bar.

D'une manière générale, en résidentiel, l'installation de mitigeurs thermostatiques pour la douche est à privilégier. Ces robinetteries permettent de minimiser les pertes pendant les phases de réglage (Figure 41). Des suivis menés en habitat [20] montrent une économie d'eau et d'énergie entre une douche équipée d'un mélangeur et d'un mitigeur thermostatique d'environ 10%. Ils procurent également un meilleur confort et une sécurité par rapport au risque de brûlures. Les mitigeurs thermostatiques classés C_3 ou Ch_3 disposent d'une limitation de la température à 50°C maximum.

Sur certains mitigeurs thermostatiques, le réglage du débit est réalisé en aval de la chambre de mélange ce qui permet de limiter les risques de retour d'eau chaude dans l'eau froide, ou vice-versa, liés à des clapets défaillants.

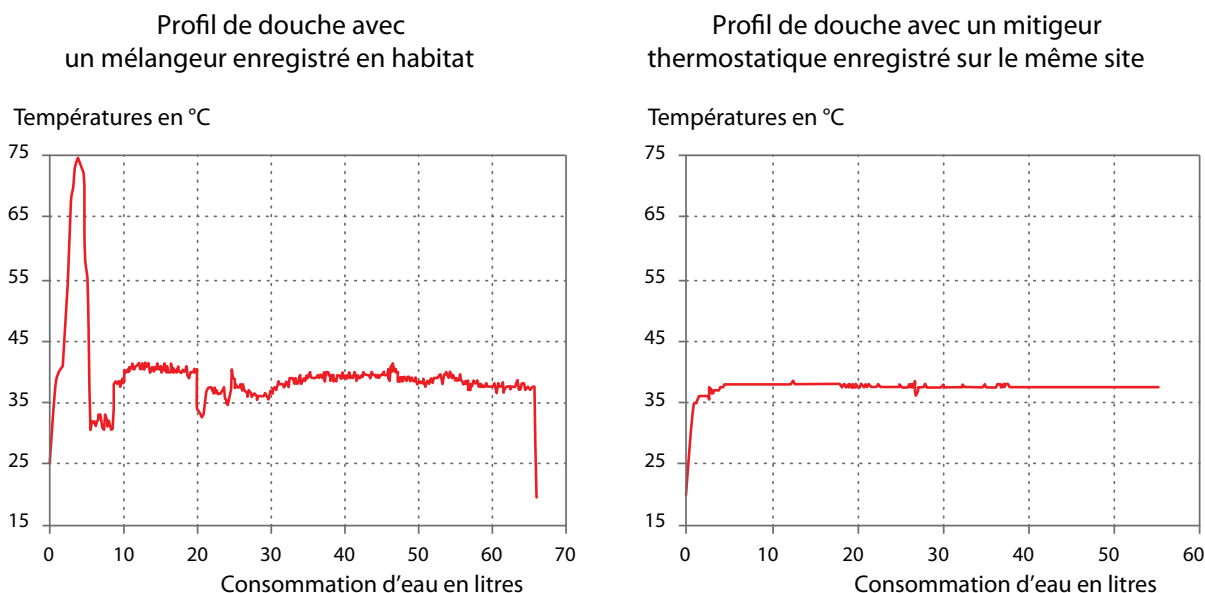
Dans le cas d'une production d'ECS instantanée, il convient de s'assurer de la compatibilité du mitigeur thermostatique avec le système de production. Les fabricants recommandent généralement que l'appareil de production instantanée ait une puissance d'au moins 18 kW pour pouvoir installer ces dispositifs.

Le mitigeur thermostatique est un produit qui allie économie, confort et sécurité vis-à-vis du risque de brûlures



▲ Figure 40 : Débits d'un mitigeur thermostatique de douche NF, équipé d'une douchette, classé E_1 , C_3 ou E_0 , Ch_3 . Les valeurs de débits indiquées sont en l/min pour une pression d'alimentation de 3 bar, avec une douchette. Le classement ECAU est destiné aux robinetteries à usage domestique et EChAU au tertiaire (hôtellerie, maison de retraite...).

Les mitigeurs thermostatiques génèrent des économies lors de la phase de réglage



▲ **Figure 41** : Exemples de profils de douche enregistrés avant et après la pose d'un mitigeur thermostatique sur un site en habitat individuel [20]. Ils montrent que cette robinetterie permet, par rapport à un mélangeur, de diminuer la quantité d'eau et d'énergie consommée au début du soutirage pour régler la température de l'eau. Par rapport à un mitigeur monocommande, le mitigeur thermostatique permet également d'éviter les éventuelles consommations inutiles d'eau froide au début du soutirage si le levier n'est pas positionné en pleine ouverture sur l'ECS. Avec un mitigeur thermostatique, seule de l'ECS est soutirée au début du puisage tant que l'eau est froide d'où également des temps d'attente minimisés. Ces profils montrent par ailleurs le confort apporté par la stabilité de température avec un mitigeur thermostatique. Cette robinetterie permet aussi de limiter les risques de brûlures, en particulier sur ce site qui présente des températures d'ECS très élevées.

Des dispositifs permettant d'indiquer le temps passé sous la douche peuvent également avoir un effet incitatif, notamment pour les enfants. Sous la douche, on perd souvent la notion du temps [16].

Pour le lavabo, les usages ne requièrent pas des débits élevés. Un mitigeur mécanique classé $E_0 C_3$ ou $E_{00} Ch_3$ peut être adopté. E_0 signifie un débit mitigeur grand ouvert compris entre 9 et 12 l/min sous 3 bar. C_3 correspond à une butée sur le réglage de débit comprise entre 4 et 7 l/min ainsi qu'à une ouverture en eau froide du mitigeur au centre qui évite des soutirages inutiles d'eau chaude. Un mitigeur $E_{00} Ch_3$ constitue une autre alternative sans butée avec un débit maximal plus faible compris entre 4 et 6 l/min sous 3 bar et également une ouverture en eau froide au milieu.

Pour les autres postes de puisage, la limitation du débit ne génère pas d'économie et crée un inconfort si l'on cherche à soutirer un volume donné. C'est le cas pour la baignoire et pour certains usages au niveau de l'évier. Pour ce dernier poste, les mitigeurs classés C_3 répondent bien à l'utilisation de ce point de puisage. La butée à mi-parcours permet de limiter les débits entre 4 et 7 l/min sous 3 bar pour des usages tels que le lavage des mains, mais il est toujours possible d'obtenir des débits plus élevés pour remplir un récipient en allant au-delà de cette butée. L'ouverture du mitigeur en eau froide au milieu permet de satisfaire les nombreux puisages à l'évier où seule de l'eau froide est requise.

Il est important de noter par ailleurs que **l'ajout ultérieur d'un limiteur de débit** en sortie d'une robinetterie certifiée NF ne permet plus de garantir ses performances notamment de sensibilité de réglage, d'endurance et d'acoustique. Une limitation importante du débit peut engendrer, outre une dégradation des performances de la robinetterie et du confort, des **risques de retour d'eau** froide dans l'eau chaude ou vice-versa. Les mêmes risques existent avec des pommes de douche présentant de très faibles débits. Ces risques liés à ces dispositifs sont dus à l'importante perte de charge qu'ils créent en bout de robinetterie.

Un classement des robinetteries à choisir selon les usages

Mitigeur mécanique d'évier

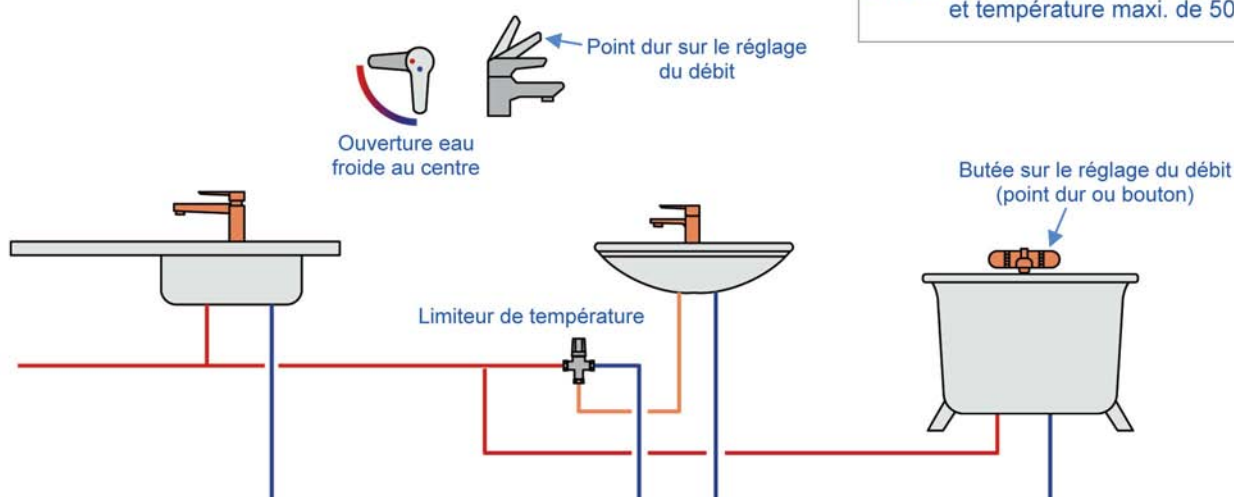
E₀ : $9 \leq \text{débit max.} < 12 \text{ l/min}$
sous 3 bar
ou E₁ : $12 \leq \text{débit max.} < 16 \text{ l/min}$
C₃ : Butée entre 4 et 7 l/min (*) et
ouverture eau froide eau centre

Mitigeur mécanique de lavabo

E₀ C₃ : $9 \leq \text{débit max.} < 12 \text{ l/min}$
butée entre 4 et 7 l/min (*) et
ouverture eau froide au centre
ou E₀₀ Ch₃ : $4 \leq \text{débit max.} < 6 \text{ l/min}$
et ouverture eau froide
au centre

Mitigeur thermostatique bain/douche

Pour le bain :
E₃ : $20 \leq \text{débit} < 25,2 \text{ l/min}$
ou E₄ : $\text{débit} \geq 25,2 \text{ l/min}$
Pour la douche : E₀ ou E₁
C₃ : Butée entre 6,6 et 9,6 l/min
et température maxi. de 50°C
ou Ch₃ : $9 \leq \text{débit max.} < 12 \text{ l/min}$
et température maxi. de 50°C



(*) 4 et 6 l/min à partir d'avril 2015

▲ **Figure 42** : Classements en débit des robinetteries NF selon le point de puisage permettant de limiter les consommations d'eau et d'énergie. Les valeurs de débits indiquées sont en l/min pour une pression d'alimentation de 3 bar. Le classement ECAU est destiné aux robinetteries à usage domestique et EChAU au tertiaire (hôtellerie, maison de retraite...).

A retenir

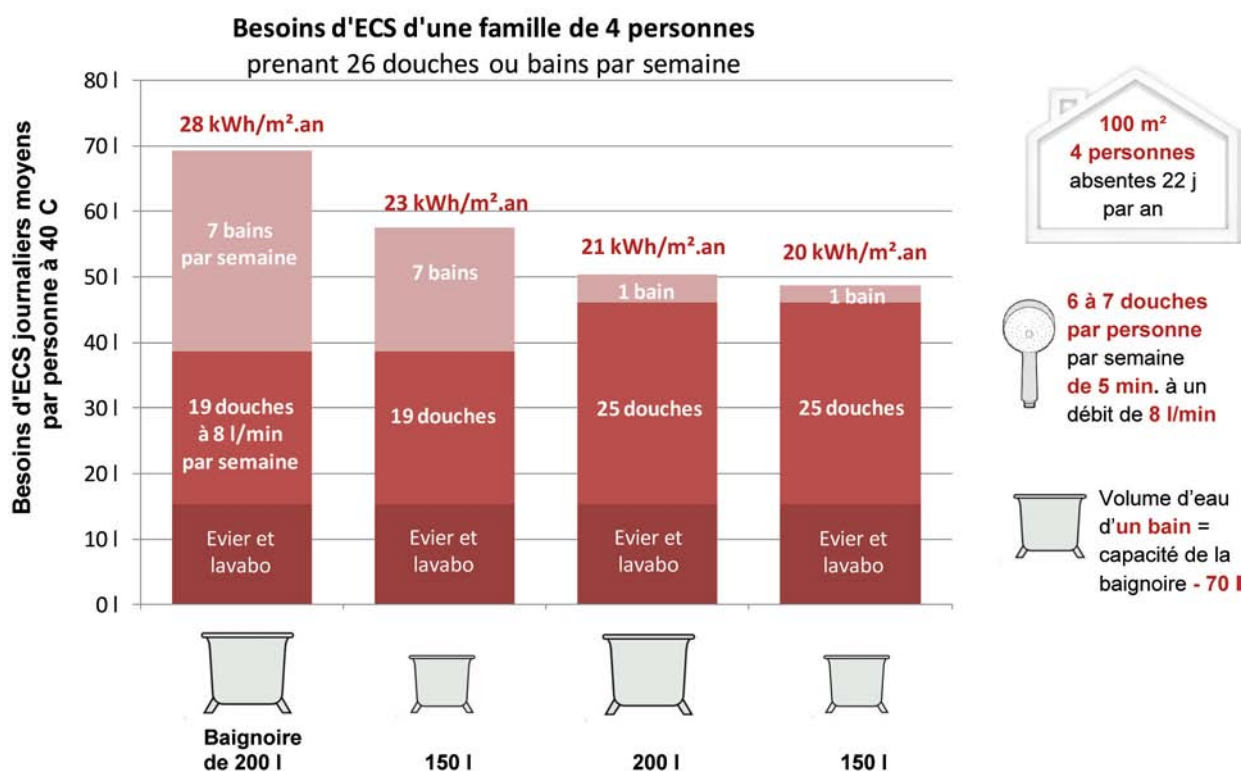
Privilégier les mitigeurs titulaires de la marque NF, ayant obtenu le classement C₃ ou Ch₃ pour le lavabo et la douche et C₃ pour l'évier. L'ajout ultérieur de limiteur de débit ne permet plus de garantir les performances des robinetteries NF. Pour la douche, prévoir un mitigeur thermostatique qui procure confort, économie et limite les risques de brûlure.

Pour la baignoire, il faut être vigilant quant à sa capacité (Figure 43). Certaines formes plus galbées et une largeur limitée conduisent à

des volumes d'eau plus faibles sans nuire au confort du bain. Voici par exemple les contenances de 3 produits différents de 170 cm de longueur :

- 242 l pour un modèle de 80 cm de large ;
- 197 l pour le même modèle mais de 70 cm de largeur, soit environ -20% de capacité ;
- 150 l pour un autre modèle de 70 cm de large avec des formes plus galbées, soit environ -25% de volume par rapport au modèle précédent de même largeur.

La capacité de la baignoire influe sur les consommations surtout dans le cas d'une famille avec des enfants en bas-âge



▲ **Figure 43 :** Variation des besoins d'ECS en fonction de la capacité en eau de la baignoire. Pour une famille de 4 personnes avec un enfant en bas-âge prenant un bain par jour, une baignoire de 200 au lieu de 150 l conduit à une consommation 20% plus élevée. Pour le cas fréquent d'une famille de 4 personnes ne prenant qu'un bain par semaine, l'écart est de 3% sur les consommations entre une baignoire de 150 et 200 l. Les besoins énergétiques d'ECS en kWh/m².an ont été déterminés pour une maison de 100 m². Le volume d'eau considéré pour un bain correspond à la valeur de la capacité de la baignoire à laquelle est soustrait 70 litres pour tenir compte du fait que la baignoire n'est pas complètement remplie. Le débit des douches est de 8 l/min à 38°C.

A retenir

Veiller aux capacités en eau des baignoires, même si le bain n'est plus bien souvent le premier poste de consommation d'ECS. Certaines formes permettent d'allier confort et économie.

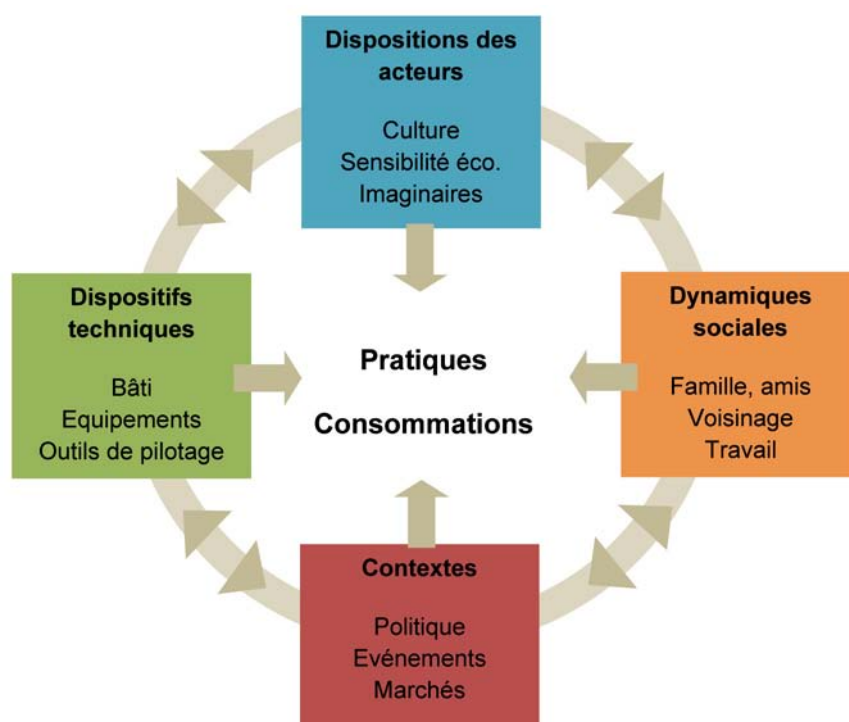
Pour les applications en collectivité (gymnases, sanitaires...) requérant de l'ECS, le recours à des mitigeurs à fermeture temporaire ou électroniques permet de limiter de manière importante les

consommations. La fermeture automatique de ces robinetteries et leurs très faibles débits génèrent de fortes économies d'eau et d'énergie. Les débits des mitigeurs à fermeture temporisée ou électroniques NF peuvent aller jusqu'à 1,8 l/min pour les lavabos et 6,6 l/min pour les douches sous 3 bar.

4.3.4. • L'optimisation des pratiques

L'impact du comportement sur les besoins d'ECS est très important. Une étude sociologique [16] montre qu'en réalité les usagers font face à des injonctions contradictoires. D'une manière générale, les ménages se disent volontiers sensibilisés aux valeurs environnementales. Néanmoins cette sensibilité s'efface souvent devant d'autres préoccupations socialement plus valorisées (comme le confort, le bien-être, les représentations sociales de l'hygiène), devant les contraintes de la technique ou encore face à l'appel du marché qui mise également sur d'autres logiques que la maîtrise des consommations.

Optimiser les pratiques nécessite d'agir sur tous les éléments du système sociotechnique



▲ Figure 44 : Les pratiques des ménages s'inscrivent dans un système sociotechnique. Changer ces pratiques requiert d'agir sur tous les éléments du système.

Ainsi, l'argumentaire en matière de maîtrise de la demande énergétique ne doit pas uniquement reposer sur les registres de culpabilité et de coût mais s'appuyer sur les registres du confort et du bien-être. Dans la société de consommation actuelle avec ses valeurs hédonistes, il n'y a guère de raison pour que les usagers choisissent des équipements qui ne leur promettent pas autant de confort.

La mise à disposition d'indicateurs simples voire ludiques permettant aux usagers de connaître leurs consommations d'ECS diluées entre plusieurs factures constitue également une des voies d'actions. Cette information ne suffit pas cependant à elle seule. Les usagers doivent être accompagnés dans la lecture et la compréhension de ces informations, dans l'utilisation des équipements et dans l'adoption de nouvelles pratiques. Il est ainsi nécessaire de favoriser la prise en main par les usagers de la gestion et du réglage des équipements de production d'ECS. D'une manière générale, le conseil aux usagers est un levier d'action important.

A retenir

Les ménages sont soumis à des injections contradictoires les incitant d'un côté à économiser et de l'autre à consommer. Leurs pratiques sont également fortement encadrées dans la technique. Le changement des pratiques implique de tenir ensemble, l'intérêt, la technique et les valeurs qui fondent les pratiques concrètes. Confort et économie doivent notamment aller de pair.

4.4. • La limitation des pertes thermiques

Le bouclage d'ECS constitue un poste de pertes important sur les installations collectives. Sur certaines installations les pertes de boucle sont même supérieures aux besoins d'ECS. Il importe de calorifuger le plus possible cette distribution aussi bien en neuf qu'en rénovation. Ainsi pour l'exemple présenté (Figure 45), l'adoption d'épaisseurs de calorifuge répondant aux exigences de la classe 6 de la norme NF EN 12828 au lieu d'une classe 2 permet une diminution des pertes de boucle de 10 à 5 kWh/m².an. Il importe également de ne pas oublier le calorifugeage des collecteurs qui constituent une part importante des pertes.

L'isolation du bouclage représente aussi une source d'économie non négligeable sur les installations existantes non calorifugées. Dans les bâtiments d'habitation anciens, les colonnes et les collecteurs sont souvent non isolés.

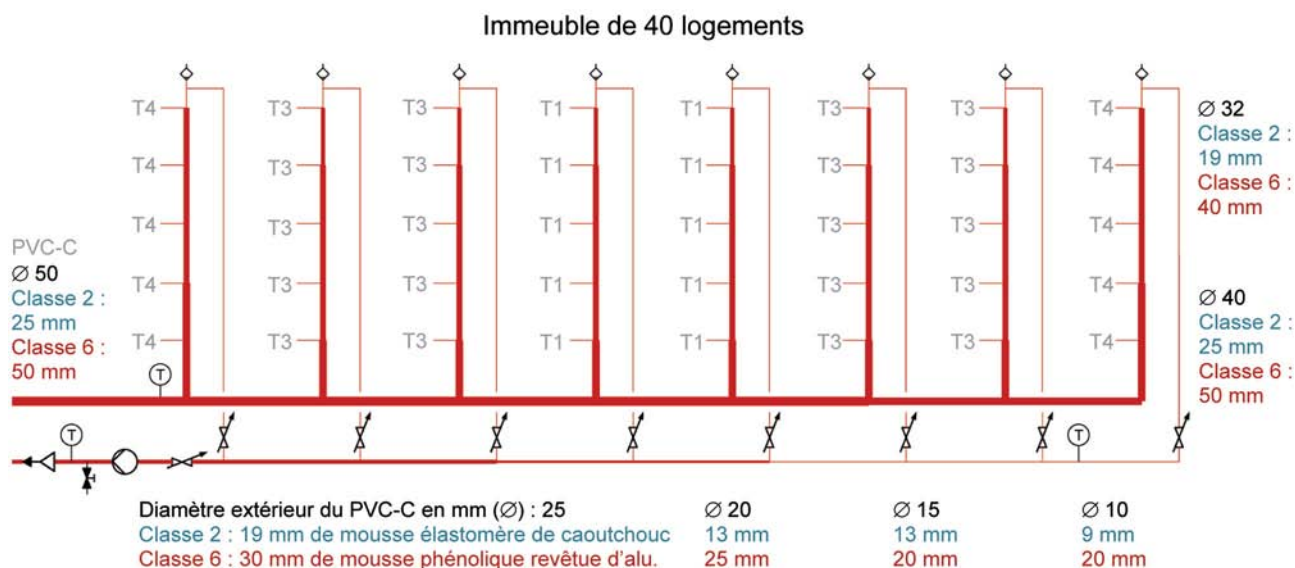
Les tableaux présentés en [ANNEXE 1] permettent de déterminer directement les coefficients de pertes thermiques en fonction de l'épaisseur de calorifuge et ce pour différents types de canalisations (PVC-C, cuivre ou multicouches) et isolant (mousse phénolique, laine minérale ou mousse élastomère de caoutchouc).

A noter, lors du choix des produits isolants, il convient de vérifier leur compatibilité avec les matériaux de la distribution, en particulier pour les produits à base de mousse phénolique et les laitons. 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.

L'architecture du réseau influe également sur les pertes de bouclage. En habitat neuf, une colonne montante est à affecter à un ou deux appartements maximum par étage. Ce type de distribution permet de respecter la longueur maximale d'antenne de 8 mètres imposée par le NF DTU 60.11 P1-2 et de répondre ainsi aux exigences de sécurité sanitaire et de confort. La configuration avec une colonne desservant tous les appartements d'une même cage d'escalier et des boucles secondaires horizontales pour chaque appartement est à éviter absolument. Elle conduit à des pertes thermiques plus importantes et est plus difficile à équilibrer.

L'adoption d'un circulateur à haut rendement permet également de limiter les consommations liées au bouclage.

Une isolation maximale pour limiter les pertes de bouclage



Pertes de bouclage :

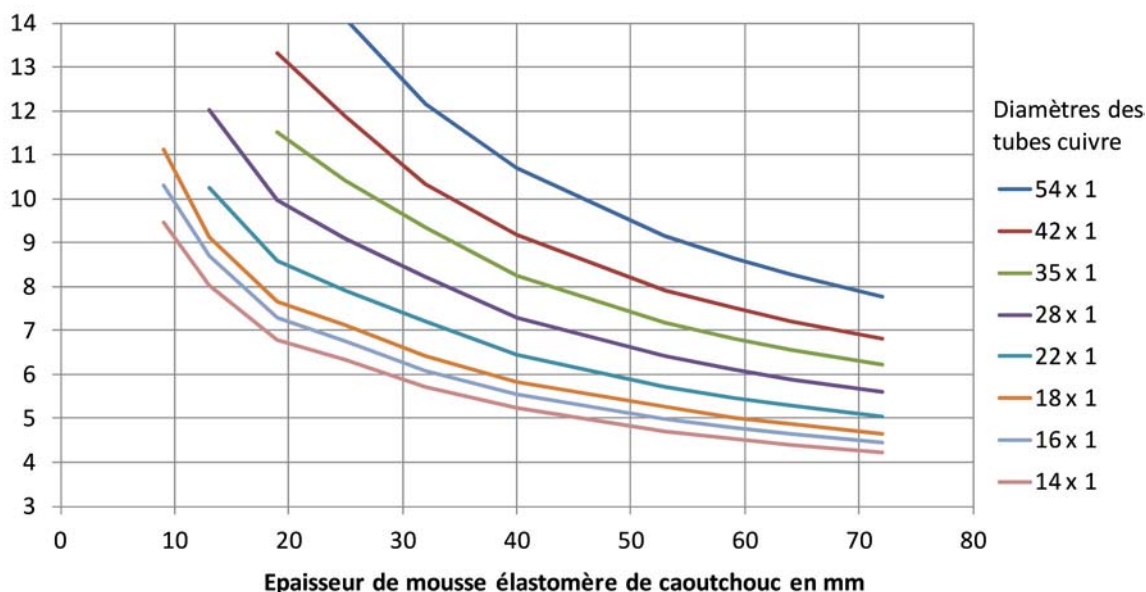
9 à 12 W/ml soit 10 kWh/m²Shab.an pour une isolation de classe 2 en mousse élastomère à base de caoutchouc

5 à 7 W/ml soit 5 kWh/m²Shab.an pour une isolation de classe 6 en mousse phénolique revêtue d'aluminium

▲ **Figure 45 :** L'adoption d'épaisseurs de calorifuge répondant aux exigences de la classe 6 de la norme NF EN 12828 au lieu de la classe 2 permet une diminution des pertes de boucle de 3 kW à 1,5 kW soit de 10 à 5 W/ml ou 10 à 5 kWh/m²Shab.an. La consommation du circulateur haut rendement en énergie primaire représente environ 2% des pertes de boucle. Les colonnes desservent un appartement par étage.

Des épaisseurs de calorifuge plus importantes

Pertes thermiques en W/m pour une distribution
à 57°C et une ambiance à 17 °C



▲ Figure 46 : Évolution des pertes thermiques en fonction de l'épaisseur de calorifuge en mousse élastomère de caoutchouc pour des canalisations en cuivre de 54 à 14 mm de diamètre extérieur. Les valeurs de coefficients de pertes correspondantes en W/m.K figurent en [ANNEXE 1]. Une épaisseur, par exemple, de 25 au lieu de 13 mm de calorifuge en mousse d'élastomère de caoutchouc pour un tube cuivre en 16/18 diminue ses pertes thermiques d'environ seulement 20%.

A retenir

Isoler le plus possible la boucle d'ECS qui représente souvent le premier poste de perte. Adopter une isolation de classe 6 permet de réduire d'environ 50% les pertes par rapport à une classe 2, par exemple de 5 à 10 kWh/m²Shab.an pour l'immeuble de 40 logements.

Les pertes thermiques des ballons d'ECS doivent être également limitées. Le poids de ses pertes est particulièrement important dans le cas d'une production à accumulation, notamment individuelle. Ainsi, pour un immeuble de 40 logements composé de 10T1, 20T3 et 10T4 équipé de ballons électriques individuels (NF Électricité Performance de catégorie B) les pertes représentent de l'ordre de 9 kWh/m²Shab.an (une partie de ces pertes contribuant au chauffage des logements).

Il convient donc de veiller au niveau d'isolation des ballons. Par exemple, choisir un ballon électrique NF Électricité Performance de catégorie C (3 étoiles) au lieu de A (1 étoile) conduit à de plus faibles consommations. L'écart est d'environ 20% entre les pertes maximales de ces deux catégories (Figure 47). En collectif, il est préférable d'opter pour une jaquette de laine minérale d'au moins 100 au lieu de 50 mm, l'écart sur les pertes thermiques est d'environ 35% pour un ballon de 500 litres.

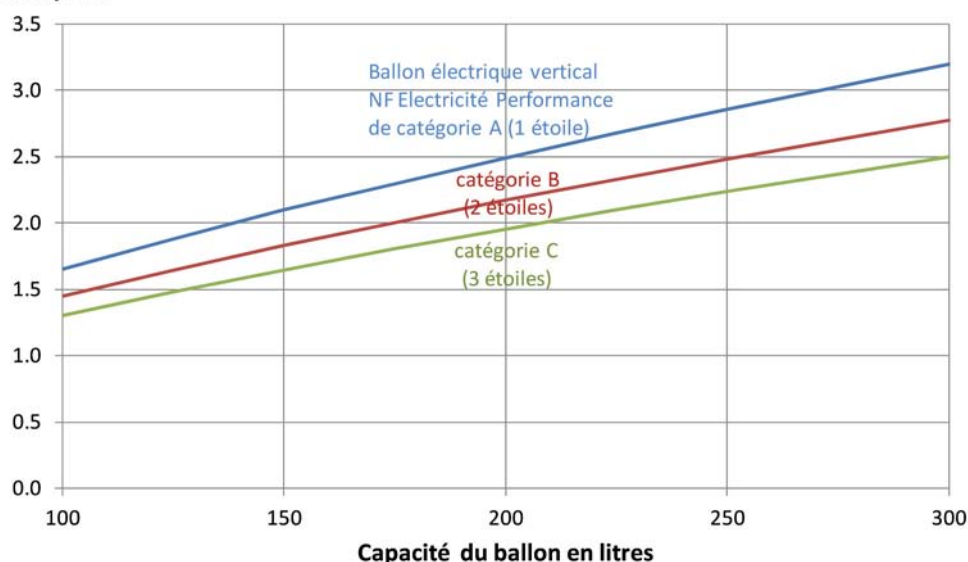
La température du local dans lequel est placé le ballon influe également sur ses pertes. Sur les installations individuelles, un emplacement du ballon en volume chauffé est à privilégier. Des essais sur une pompe à chaleur double service air/eau montrent un écart sur le coefficient de performance et les temps de réchauffage de l'ECS de 9%

entre une ambiance à 20 et 16°C autour du ballon de 200 litres à 55°C [1]. En outre, un emplacement en volume chauffé conduit généralement à des pertes de distribution plus faibles.

L'optimisation du dimensionnement des ballons permet également de limiter les consommations. De même, en collectif, limiter le nombre de ballon pour un même volume de stockage conduit à de plus faibles pertes. Par exemple, opter pour un ballon de 1 000 litres au lieu de 2 ballons de 500 litres, isolés par 100 mm de laine minérale dans les 2 cas, conduit à une diminution d'environ 1/3 des pertes thermiques.

Une isolation maximale pour limiter les pertes thermiques des ballons

Perte thermique maximale
en kWh/24 h



▲ Figure 47 : Pertes thermiques maximales imposées pour les ballons NF Électricité Performance pour une température de consigne de 65°C et une ambiance à 20°C.

A retenir

En production individuelle, le poids des pertes thermiques des ballons est important. Veiller à leur niveau d'isolation et privilégier un emplacement en volume chauffé à proximité des points de puisage.

En production collective, opter pour une jaquette de calorifuge d'au moins 100 mm pour les ballons et limiter le plus possible leur nombre.

Les pertes thermiques des autres équipements et accessoires doivent être également minimisées. Les échangeurs et les vannes des installations collectives d'ECS doivent être calorifugés. À titre d'exemple, sur un immeuble de 17 logements, les pertes thermiques de l'échangeur à plaques non isolé estimées lors d'un suivi étaient proches des pertes de la boucle d'ECS très bien calorifugée [17]. Elles étaient de l'ordre de 4 kWh/m²Shab.an.

Des valeurs de déperditions de vannes non calorifugées mesurées [19] sont données dans le tableau de la (Figure 48). Les vannes à bride sont les plus déperditives. En première approximation, les pertes thermiques

d'une vanne à bride non calorifugée sont proches de celles d'un mètre de tuyauterie non isolée de même diamètre. Pour l'exemple de l'immeuble de 40 logements (Figure 45), les pertes des vannes taraudées non calorifugées estimées représentent 7% des pertes de la boucle d'ECS avec un calorifuge satisfaisant la classe 6.

Déperditions des vannes non calorifugées en W pour une eau à 57°C et une ambiance à 17°C				
Diamètre nominal	Vanne à Opércule (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

▲ Figure 48 : Valeurs en Watt des coefficients de déperditions mesurées pour plusieurs corps de vannes métalliques et différentes tailles [19].

A retenir

Ne pas oublier de calorifuger les échangeurs et les vannes, tout particulièrement les vannes à bride.

L'isolation de la distribution individuelle à l'intérieur des logements ne fait pas partie des actions préconisées. Elle ne s'avère pas pertinente compte tenu des faibles durées de soutirage (généralement moins de 3% du temps sur 24 h). D'autre part, cela conduit à maintenir plus longtemps l'eau dans les canalisations à des températures favorables au développement de micro-organismes pathogènes.

A retenir

Ne pas isoler la distribution individuelle à l'intérieur des logements.

4.5. • Le choix du système de production d'ECS

En matière de production d'ECS, les solutions sont multiples. Elles se différencient selon le type d'énergie, la nature individuelle ou collective, l'association ou non au chauffage ou à un autre service tel que la production d'électricité, la ventilation, la présence ou non d'un stockage. Cette multiplicité des systèmes permet de répondre à la diversité des contraintes rencontrées d'un site à l'autre :

- énergies disponibles, possibilité notamment d'utiliser ou non l'énergie solaire ;
- choix adoptés pour le chauffage ;
- emplacements disponibles...

Outre ces contraintes ainsi que les coûts d'investissement et de maintenance, le critère important qui doit guider le choix est l'efficacité énergétique globale. La maîtrise des consommations pour la production d'ECS ne peut être abordée indépendamment de celle du chauffage voire également d'autres services qui peuvent y être associés tels que la production d'électricité. Les choix adoptés pour la production d'ECS impactent sur les performances du générateur de chaleur dans le cas d'un système double-service.

Il peut être intéressant également d'envisager le raccordement des lave-linges et lave-vaisselles tout particulièrement dans le cas d'utilisation d'énergie renouvelable pour la production d'ECS. Pour de nombreux systèmes de production d'ECS, paradoxalement plus les occupants sont nombreux et consomment, meilleure est l'efficacité énergétique du système et plus aussi les temps de retour sur investissement sont courts.

D'autres aspects plus qualitatifs tels qu'indiqués (Figure 45), (Figure 46) et (Figure 47) interviennent également dans le choix du système.

Principaux atouts d'une installation individuelle d'ECS en habitat collectif	Principaux atouts d'une installation collective d'ECS en habitat collectif
• Indépendance des usagers • Production au plus près des points de puisage sans bouclage (limitation des pertes thermiques et des risques sanitaires) • Facturation individuelle des consommations	• Exploitation des énergies renouvelables (solaire, bois, géothermie, réseaux de chaleur...) • Simplification de l'entretien • Réduction de l'encombrement • Exploitation du foisonnement • Coût de l'installation et de l'entretien généralement moins élevé

▲ Figure 49 : Principaux atouts d'une solution de production d'ECS individuelle ou collective pour un immeuble d'habitation.

Principaux atouts d'une production d'ECS indépendante du système de chauffage	Principaux atouts d'un système assurant l'ECS et le chauffage
• Recours possible à des énergies différentes pour ces deux usages • Mixage en habitat collectif entre des productions individuelles d'ECS et un chauffage collectif • Optimisation du dimensionnement par rapport aux besoins de chauffage et d'ECS (moins de séquences marche-arrêt préjudiciables à la performance et à la pérennité) • Fonctionnement du générateur de chauffage à des températures éventuellement plus basses • En cas de pannes, indépendance des deux services	• Puissance totale pour le chauffage et l'ECS souvent plus faible, d'où un coût total d'investissement généralement moins élevé • Mutualisation de l'entretien • Pertes à l'arrêt du générateur durant la saison de chauffe mutualisées entre les deux usages

▲ Figure 50 : Principaux atouts d'une solution de production d'ECS indépendante ou non du chauffage.



Principaux atouts d'une production d'ECS instantanée	Principaux atouts d'une production avec un stockage d'ECS
• Risque de développement de légionelles limité au niveau de la production d'ECS • Encombrement minimal • Pas de pertes par stockage • Pas d'entretien des ballons de stockage	• Exploitation des énergies renouvelables (solaire, bois, pompe à chaleur...) • Puissance nécessaire pour l'ECS plus faible • Taux de charge du générateur plus élevés en moyenne • En cas d'arrêt du générateur de chaleur, stock d'ECS disponible

▲ Figure 51 : Principaux atouts d'une solution de production avec un stockage ou non d'ECS.

L'objectif dans ce sous-chapitre est donner une vision globale de l'ensemble des solutions de production, de leurs principales caractéristiques, atouts et contraintes pour permettre au concepteur de choisir la mieux adaptée à son projet. Pour chacune de ces solutions, les équipements les plus performants sont mis en avant.

Des schémas de principe sont présentés à titre d'exemple pour chacune d'entre elles. Sur ces schémas, tous les accessoires hydrauliques et de sécurité ne sont pas représentés.

4.5.1. • Les systèmes de production individuelle d'ECS indépendants du chauffage

Les équipements présentés ci-après sont destinés à être installés dans une maison et/ou dans un appartement selon les systèmes. Ils peuvent aussi être utilisés pour desservir quelques postes de puisage en tertiaire. Certains d'entre eux assurent en plus de la production d'ECS, la ventilation. Ces équipements sont les suivants :

- les chauffe-eau solaires individuels ;
- les chauffe-eau thermodynamiques individuels ;
- les chauffe-bains gaz instantanés à condensation ;
- les ballons électriques ;
- les chauffe-eau électriques instantanés ;
- les systèmes de récupération instantanée de chaleur sur les eaux grises qui viennent en complément.

Les chauffe-eau solaires individuels (CESI)

Ces équipements sont destinés à l'habitat individuel. Leur principal atout est l'économie d'énergie importante qu'ils procurent. Ils permettent de réduire jusqu'à 50% les consommations annuelles d'énergie pour l'ECS.

Pour pouvoir opter pour ce système, il est nécessaire de disposer d'une surface suffisante correctement orientée (+/- 45° par rapport au sud) sans effet d'ombrage pour la mise en place des capteurs solaires.

Au niveau de l'inclinaison, les possibilités sont étendues : entre 30 et 60° pour des capteurs plans vitrés.

Ces systèmes comportent généralement 1 à 2 capteurs de 2 à 2,5 m² associés à un ballon échangeur de 100 à 300 litres. Les capteurs les plus utilisés sur le terrain sont les capteurs plans vitrés.

La plupart des chauffe-eau solaire en Métropole sont à circulation forcée. Les chauffe-eau solaires à thermosiphon ne requièrent ni circulateur, ni régulation mais leur mise en œuvre est plus délicate (dénivelé capteur/ballon, pentes régulières à respecter...) et l'usage d'antigel est préconisé en Métropole.

Certains systèmes sont autovidangeables, les capteurs se vident automatiquement à l'arrêt de la pompe dans un dispositif de récupération. Cela permet d'éviter les phases de vaporisation du liquide caloporteur et donc sa détérioration. Par ailleurs, l'installation d'organes tels que le vase d'expansion et le système anti-thermosiphon n'est plus nécessaire. Néanmoins, la mise en œuvre est plus délicate (étanchéité à l'air de la boucle solaire, positionnement des capteurs, respect des pentes, joints métal/métal...).

Sur les installations avec des capteurs remplis en permanence, pour éviter les risques de surchauffe qui entraînent une dégradation du liquide antigel et une usure prématurée des matériaux, les régulateurs comportent une fonction spécifique. Elle permet de réaliser un refroidissement nocturne du ballon en particulier durant les périodes d'absence programmées.

Ces systèmes disposent par ailleurs d'un appoint qui peut être intégré ou non au ballon solaire. Le choix de la configuration dépend du système de chauffage adopté, de l'installation existante dans le cas d'une rénovation et de la place disponible. Les consommations en énergie primaire pour la production d'ECS varient fortement selon le système d'appoint choisi : résistance électrique, générateur gaz, fioul, à granulés, pompe à chaleur... Les configurations qui peuvent être rencontrées sont nombreuses :

- appoint séparé assuré par un ballon échangeur raccordé à un générateur ou par un ballon électrique. C'est une solution à privilégier lorsque l'on dispose de suffisamment d'espace et éventuellement d'un ballon existant de moins d'une dizaine d'année. Cette solution permet d'éviter que l'appoint ne vienne perturber la stratification du ballon solaire ;
- appoint intégré dans le ballon réalisé en partie supérieure par un échangeur raccordé à un générateur et/ou par une résistance électrique. C'est une solution adaptée lorsque l'espace disponible est plus réduit. Ce ballon bi-énergie peut être intégré dans la chaudière qui contrôle alors l'ensemble du système ;
- appoint séparé assuré par une chaudière instantanée ou à micro-accumulation. C'est également une solution énergétiquement performante si l'on dispose de ce type de générateur

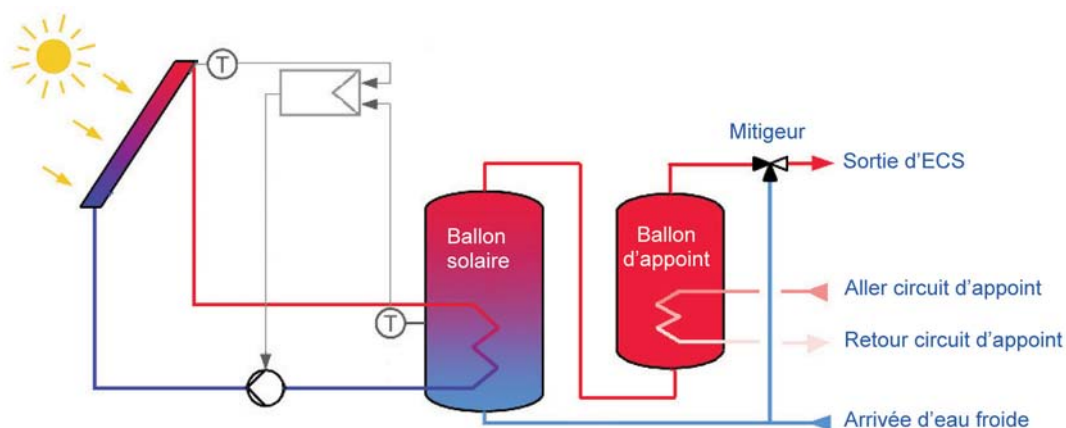
à condition qu'il permette ce fonctionnement (températures en entrée élevées).

Le surdimensionnement de ces installations est à éviter :

- une surface de capteur importante génère une faible augmentation du taux de couverture des besoins et entraîne des risques de surchauffe plus importants ;
- il est recommandé de privilégier une productivité solaire maximale en kWh/m² de capteurs, entre 400 et 500 kWh/m².an en général, au taux de couverture des besoins en ECS.

Les chauffe-eau solaires pour l'habitat individuel font l'objet de Recommandations professionnelles établies dans le cadre du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Chauffe-eau solaire individuel



▲ Figure 52 : Exemple de chauffe-eau solaire individuel avec un appoint séparé. C'est une configuration à privilégier si l'espace disponible est suffisant, comme l'ont montrés les suivis d'installations [21]. Dissocier le ballon solaire et l'appoint permet d'éviter que la stratification dans le ballon solaire ne soit perturbée.

Les chauffe-eau thermodynamiques individuels

Ces équipements sont installés essentiellement en habitat individuel. Leur principal atout est leur performance énergétique. Les suivis réalisés sur 20 sites en habitat individuel équipés de différents types d'appareils montrent un coefficient de performance global en moyenne autour de 2 sur une période de plusieurs mois [2]. Comparativement à un ballon électrique qui aurait un rendement de 0,7 lié à ses pertes thermiques, la consommation est presque 3 fois moindre.

Ces appareils sont constitués d'une pompe à chaleur couplée à un réservoir de stockage d'ECS dont la capacité varie généralement de 200 à 300 litres. Leur réservoir intègre très souvent en appoint une résistance électrique voire un échangeur permettant de raccorder un autre générateur. Les chauffe-eau thermodynamiques permettent de produire de l'ECS à 60-65°C, certains par la pompe à chaleur uniquement, d'autres en sollicitant l'appoint. Dans tous les cas, les consommations à ces températures sont plus élevées qu'à 55°C. La production d'ECS est souvent réalisée en période nocturne, un seul

réchauffage conduisant à de meilleures performances que de multiples relances tout au long de la journée. Les puissances thermiques mises en œuvre sont en général faibles, de l'ordre de 4 à 6 W/l contre 10 à 12 W/l pour un ballon électrique, ce qui induit des temps de reconstitution de l'ensemble du stock d'ECS plus longs (une dizaine d'heure en général contre environ 6 h). Leur régulation électronique permet d'optimiser leur consommation et offre de nombreuses fonctionnalités comme la programmation des absences. Certains modèles bénéficient de compresseur avec variation électronique de vitesse (« Inverter ») et de ventilateur à basse consommation.

Les modèles les plus répandus utilisent comme source froide de la pompe à chaleur, l'air ambiant d'un local non chauffé, l'air extérieur (de -5 à +35°C en général) ou l'air extrait.

Il existe également des modèles sur capteurs solaires non vitrés, sur eau (sur capteur géothermique, retour d'émetteur basse température...) ou fonctionnant en complément de capteurs solaires thermiques.

Ils sont installés essentiellement en habitat individuel compte tenu de leurs contraintes de mise en œuvre. Il existe également des systèmes conçus spécifiquement pour l'habitat collectif neuf qui assurent à la fois la ventilation de l'ensemble des logements et une production individuelle d'ECS.

Les performances des chauffe-eau sur air ambiant, air extérieur et air extrait ne sont pas excessivement différentes. Les chauffe-eau sur air ambiant, dont la prise et le rejet d'air sont à réaliser en volume non chauffé, profitent en hiver de températures plus élevées que les appareils sur air extérieur. Toutefois ils prélèvent une partie de leur énergie en volume chauffé contrairement aux autres appareils.

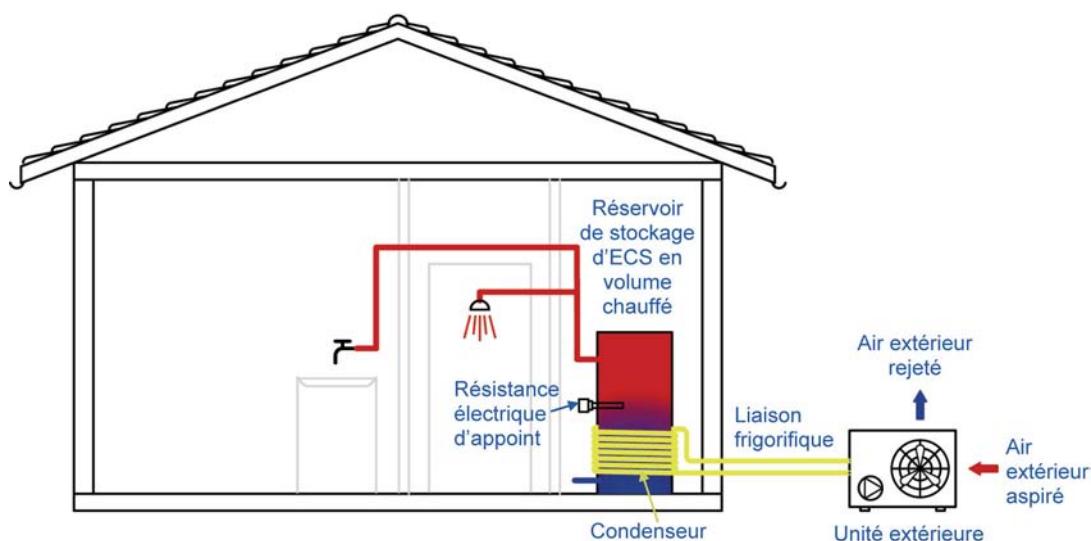
Les appareils sur air extrait conçus spécifiquement pour assurer à la fois la ventilation et la production d'ECS bénéficient de températures d'air en moyenne plus élevées que les autres chauffe-eau. Mais leurs débits d'air correspondants aux débits hygiéniques de ventilation sont plus faibles (moins de 200 m³/h contre 350 m³/h en général pour un appareil sur l'air ambiant). Si bien que le réchauffage de l'ECS est généralement réalisé tout au long de la journée.

D'une manière générale, il est important d'éviter le surdimensionnement des chauffe-eau thermodynamiques. Les suivis réalisés montrent que c'est le premier facteur de dégradation des performances [2].

A noter par ailleurs que de nombreux modèles bénéficient d'un marquage NF Performance Électricité. Les appareils de catégorie 2 (3 étoiles) satisfont un niveau d'exigence de performance supérieur à ceux de catégorie 1 (2 étoiles).

Ces appareils font également l'objet de Recommandations professionnelles établies dans le cadre du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Chauffe-eau thermodynamique sur air extérieur



▲ Figure 53 : Exemple de chauffe-eau thermodynamique sur air extérieur bi-bloc (ou split). L'implantation de l'unité extérieure doit être choisie de manière à limiter les risques de nuisances sonores. Le réservoir de stockage d'ECS est placé de préférence en volume chauffé pour réduire ses pertes. Une longueur maximale de liaison frigorifique et une hauteur de dénivelé spécifiées par le constructeur sont également à respecter. A noter par ailleurs que la réalisation de cette liaison nécessite la détention d'une attestation de capacité de manipulation de fluide frigorigène. Il existe également des modèles sur air extérieur monoblocs gainés présentant des contraintes différentes de mise en œuvre.

Les chauffe-bains gaz instantanés à condensation

Ces équipements sont destinés à l'habitat individuel, collectif et aux bâtiments tertiaires. Ils sont installés essentiellement en remplacement des chauffe-bains existants. Leur principal atout est leur rendement nominal élevé et l'absence de stockage d'ECS avec ses pertes afférentes. Les rendements à puissance nominale annoncés vont jusqu'à 99% sur PCS.

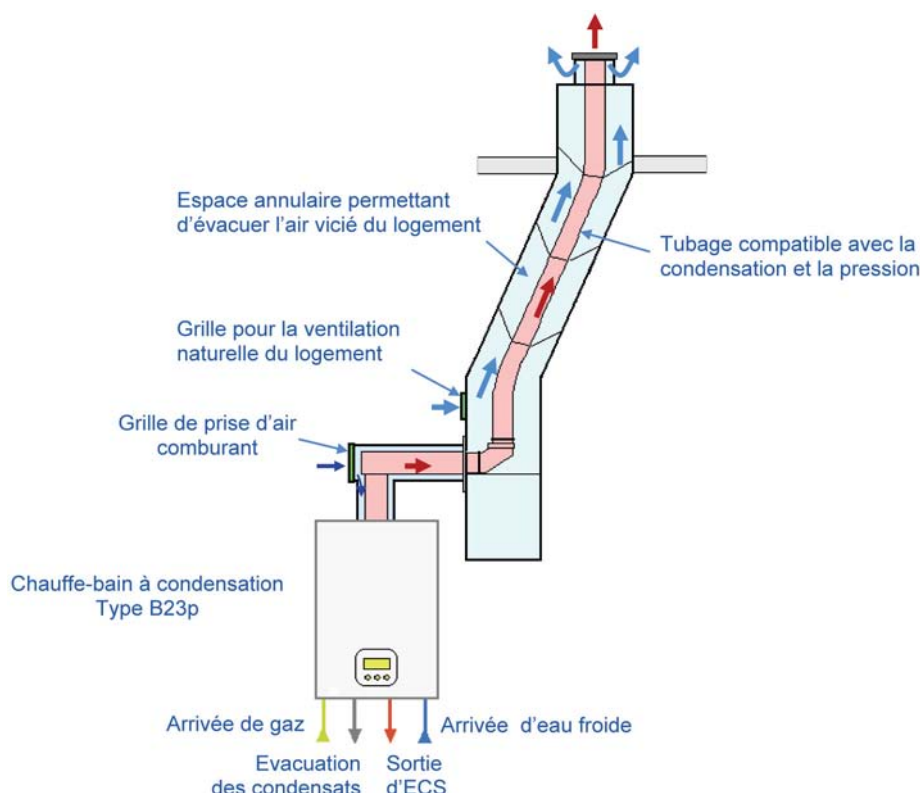
Ces appareils, tout comme les chaudières gaz à condensation, sont équipés de brûleur gaz à pré-mélange total modulant, présentant de faibles émissions de NOx. Le rapport air/gaz est maintenu constant sur toute la plage de puissance assurant ainsi une bonne combustion. La condensation des produits de combustion est obtenue grâce à l'eau froide qui entre dans le corps de chauffe de l'appareil.

Leur plage de modulation de puissance varie de 7 à 28 kW soit un débit d'environ 3 à 13 l/min pour un écart de 30 K entre l'eau froide et l'eau chaude. Ils peuvent être utilisés pour une maison ou un appartement comportant une seule salle de bains. C'est une solution également envisageable pour une salle de bains éloignée de la production d'ECS principale. Il existe aussi des modèles plus puissants fonctionnant sur des plages d'environ 6 à 50 kW destinés essentiellement à des usages professionnels.

Les chauffe-bains gaz instantanés à condensation sont dotés d'une régulation électronique permettant de régler plus précisément la température désirée. Les pressions d'eau froide minimales requises sont également faibles, moins de 0,1 bar pour les appareils à usage domestique.

Au niveau de l'évacuation des produits de combustion, différentes solutions sont offertes. Ils peuvent être raccordés à un conduit de fumée traditionnel (B23). Ils peuvent être à circuit de combustion étanche à terminal horizontal (C13), vertical (C33) ou raccordé à un conduit collectif 3CE (C43). D'autres configurations sont également possibles en rénovation telles que décrit dans le guide [13] dédié à ces questions (Figure 54).

Chaque-bain gas instantané à condensation



▲ Figure 54 : Exemple de raccordement d'un chauffe-bains gaz instantané à condensation sur un conduit de fumée individuel existant rénové. Ce conduit assurait par tirage naturel l'évacuation de l'air vicié par le coupe tirage de l'ancien appareil et l'évacuation des produits de combustion. La solution présentée qui fait l'objet d'un avis technique consiste à tuber le conduit pour installer un chauffe-bains de type B23p et à utiliser l'espace annulaire pour la ventilation. Un diagnostic préalable du conduit existant est indispensable [13].

Les ballons électriques

Les ballons électriques sont destinés à l'habitat et au tertiaire. Leurs principaux atouts sont leur faible coût d'investissement et une mise en œuvre aisée. Les petits ballons de moins de 50 litres sont particulièrement bien adaptés pour être installés au niveau d'un poste de puisage éloigné.

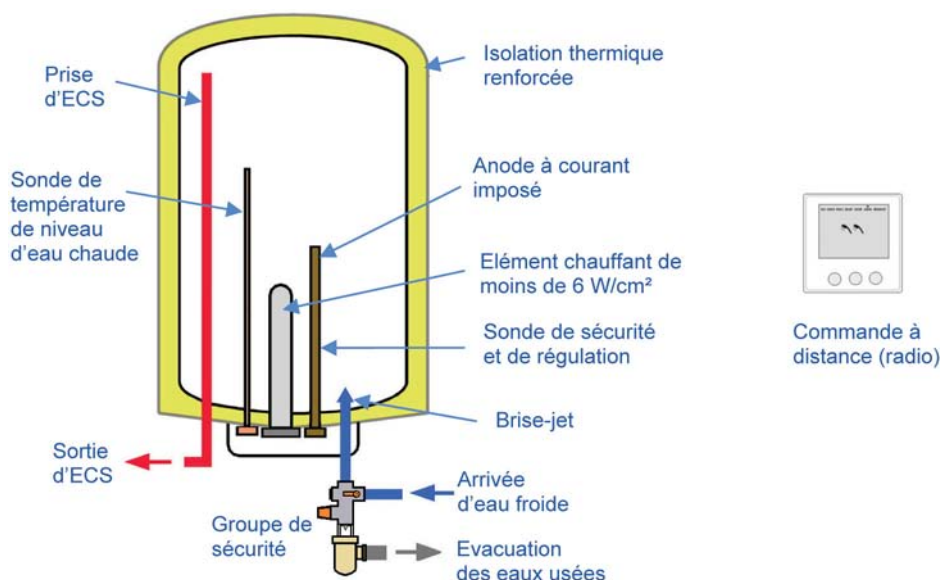
Les ballons NF Électricité Performance de catégorie C (3 étoiles) bénéficient d'un calorifugeage renforcé (cf. 4.4) et d'un thermostat plus précis qui permettent de réduire leurs pertes thermiques. Ils présentent par ailleurs une résistance avec un flux thermique maximal de 6 W/cm² qui limite leur entartrage.

Les ballons dits « intelligents », généralement NF Électricité Performance de catégorie C, disposent en plus d'une régulation électronique mettant

en œuvre des fonctions d'auto-apprentissage et de programmation pour réduire leurs déperditions. L'heure d'enclenchement et la température de réchauffage de ces ballons sont ajustées en fonction des besoins déterminés les semaines précédentes ou programmés. Ainsi, si un appartement T3, par exemple, n'est occupé que par une personne seule, le réchauffage sera enclenché plus tardivement et l'eau ne sera pas portée à 65°C comme dans le cas d'un ballon standard mais à une température plus faible de manière à limiter les pertes thermiques.

En cas d'absence prolongée, la programmation permet d'arrêter la production d'ECS et de la relancer la veille du retour. La mise en œuvre d'une régulation électronique offre également d'autres fonctionnalités telles que la mise à disposition d'informations aux utilisateurs, par exemple, sur le volume d'ECS restant.

Ballon électrique



▲ Figure 55 : Principaux éléments d'un ballon électrique dit « intelligent » bénéficiant d'un marquage NF Électricité Performance de catégorie C (3 étoiles). Des fonctions d'auto-apprentissage et de programmation sont mises en œuvre pour réduire ses déperditions. Le flux thermique de moins de 6 W/cm² de la résistance permet de limiter l'entartrage.

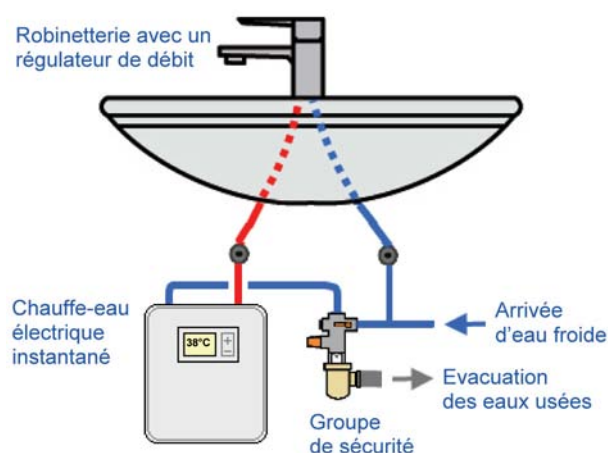
Les chauffe-eau électriques instantanés

Ces équipements sont destinés à l'habitat et au tertiaire. Leurs principaux atouts sont leur faible coût d'investissement, une mise en œuvre très aisée, une production au plus près des points de puisage et l'absence d'un stockage, source importante de pertes.

Ils sont particulièrement bien adaptés pour un poste de puisage avec un faible débit éloigné de la production principale. La puissance des appareils proposés, d'environ 3 à 27 kW, soit des débits d'environ 2 à 17 l/min à 38°C pour une eau froide à 15°C, couvre les différents usages (lavabo, évier, douche ou bain). Pour les puissances les plus élevées, généralement au-delà de 9 kW, une alimentation en triphasé est requise.

Les modèles avec une régulation électronique permettent de régler plus précisément la température désirée au puisage. La certification NF Électricité de ces appareils porte sur des aspects de sécurité électrique.

Chaque-eau électrique instantané



▲ **Figure 56 :** Les chauffe-eau électriques instantanés sont particulièrement bien adaptés pour un point de puisage éloigné ayant un faible débit. Une température de production proche de celle d'usage peut être réglée sur le thermostat électronique pour limiter les pertes, l'entartrage et les risques de brûlures. L'adoption d'une robinetterie avec un régulateur de débit permet de limiter la puissance nécessaire. Pour obtenir un débit nominal au lavabo de 4 à 5 l/min à 38°C, une puissance de 7 à 9 kW est requise pour une eau froide à 15°C.

Les systèmes de récupération instantanée de chaleur sur les eaux grises

Ces équipements sont destinés à l'habitat et au tertiaire. Leur principal atout est la valorisation d'une énergie perdue, disponible à l'intérieur du bâtiment. Les constructeurs indiquent que ces systèmes permettent de récupérer de 30 à 70% de l'énergie des eaux usées des douches selon les produits.

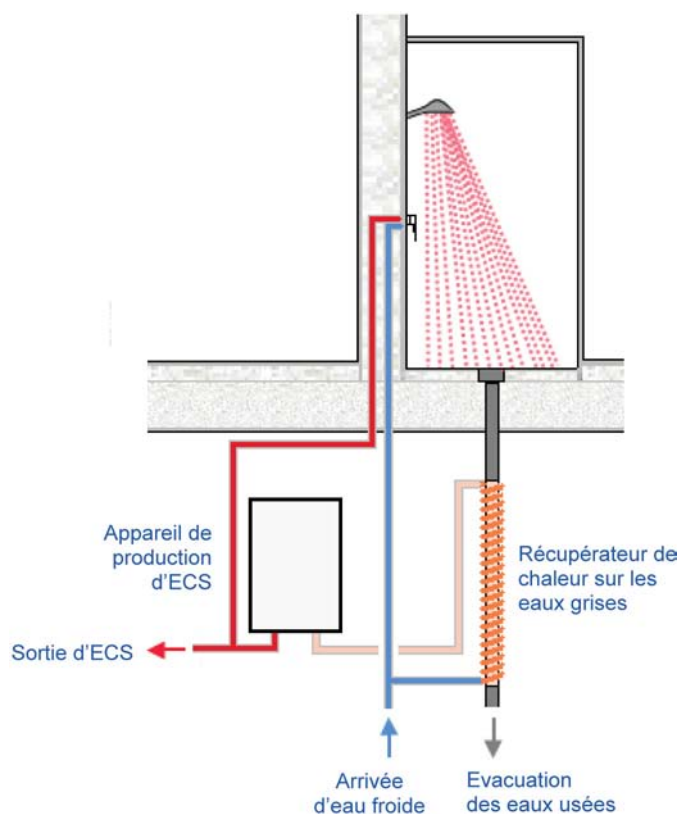
Ces appareils portent toutefois l'eau froide à des températures potentiellement favorables à des développements microbiologiques. Selon les références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine fixées dans l'arrêté du 11 janvier 2007, la température de ces eaux doit être inférieure à 25°C à l'exception des eaux ayant subi un traitement thermique pour la production d'eau chaude.

Ces systèmes sont constitués d'un échangeur qui récupère la chaleur des eaux usées des douches ou des salles de bains, de manière instantanée, sans recourir à un stockage des eaux usées. Différents types d'échangeur existent :

- des échangeurs placés sous le bac de douche ou à proximité au sein desquels circulent les eaux usées. Ces échangeurs généralement en cuivre sont de forme variée (plaques, serpentins). Ils sont destinés généralement à préchauffer uniquement l'eau froide d'alimentation de la douche. Vis-à-vis de l'encrassement du système, certains constructeurs préconisent un nettoyage, une à deux fois par an ;

- des échangeurs à serpentin en cuivre placés autour d'un tube en cuivre (de 1 à 2 mètres) inséré sur la canalisation d'évacuation d'eaux usées de la salle de bains ou de la douche. Ces échangeurs sont conçus pour préchauffer l'eau froide des douches et/ou de la production d'ECS (Figure 57). Une pompe de relevage des eaux grises est nécessaire si le système ne peut être disposé à un niveau inférieur par rapport à la douche, ce qui augmente son coût d'investissement. La chaleur des eaux usées des cuisines n'est pas récupérée par ces appareils car elles sont trop grasses et dégradent l'efficacité de l'échangeur. Ces systèmes contrairement aux précédents ne nécessitent pas de nettoyage. Ils peuvent également être utilisés pour récupérer la chaleur des eaux usées de l'ensemble des salles de bains d'un immeuble d'habitation. Il est nécessaire pour cela de créer un réseau d'évacuation calorifugé spécifiquement pour les salles de bains.

Système de récupération instantanée de chaleur sur les eaux grises



▲ Figure 57 : Schéma de principe d'un système de récupération instantanée de chaleur sur les eaux grises constitué d'un échangeur à serpentin en cuivre enroulé sur une canalisation en cuivre. L'énergie récupérée sur les eaux usées de la douche est utilisée pour préchauffer l'eau à l'entrée du générateur d'ECS simple ou double-service.

4.5.2. • Les systèmes de production individuelle assurant l'ECS et le chauffage

Les équipements présentés ci-après permettent d'assurer la production d'ECS et le chauffage d'une maison ou d'un appartement. Il s'agit :

- des systèmes solaires combinés ;
- des pompes à chaleur double-service ;
- des chaudières ou pompes à chaleur hybrides ;
- des chaudières à condensation double-service ;
- des chaudières ou appareils à bouilleur à bois bûches ou à granulés assurant le chauffage et l'ECS ;
- des micro-cogénérateurs.

Les systèmes solaires combinés

Ces systèmes sont destinés à l'habitat individuel voire au petit collectif. Leur principal atout est l'économie d'énergie importante qu'ils procurent. Ils permettent de réduire jusqu'à 70% les consommations annuelles d'énergie pour l'ECS et en moyenne de 35% les consommations globales de chauffage et d'ECS.

Pour pouvoir opter pour ce système, il est nécessaire de disposer d'une surface suffisante correctement orientée (+/- 45° par rapport au sud) sans effet d'ombrage pour la mise en place des capteurs solaires. Une forte inclinaison comprise entre 45 et 90° est nécessaire pour optimiser la récupération durant la saison de chauffe et minimiser les périodes de stagnation en été. La surface de capteurs, de type plans vitrés le plus souvent, varie généralement de 10 à 20 m².

Ce système est d'autant plus pertinent pour des maisons existantes faisant l'objet d'une rénovation thermique avec des besoins d'ECS élevés. Plus le régime de température de chauffage et plus la température de retour chauffage sont faibles et plus ce système est performant.

Une grande variété de systèmes existe. Le choix de la configuration dépend des régimes de température en chauffage et du générateur d'appoint adoptés (générateur simple ou double-service, modulant ou non, chaudière bois, pompe à chaleur). L'ECS peut être produite par :

- un ballon en bain-marie placé dans le ballon de stockage solaire destiné au chauffage (Figure 58). Ce ballon en bain-marie d'un volume généralement compris entre 150 et 200 litres est situé en partie haute du ballon solaire, la partie la plus chaude. Le volume du ballon solaire haut et étroit pour favoriser la stratification est généralement compris entre 750 et 1000 litres ;
- un échangeur à serpentin immergé dans le ballon de stockage solaire. La surface d'échange très importante permet de satisfaire des débits d'ECS très élevés (20 à 45 l/min pour une élévation de 30 K) ;

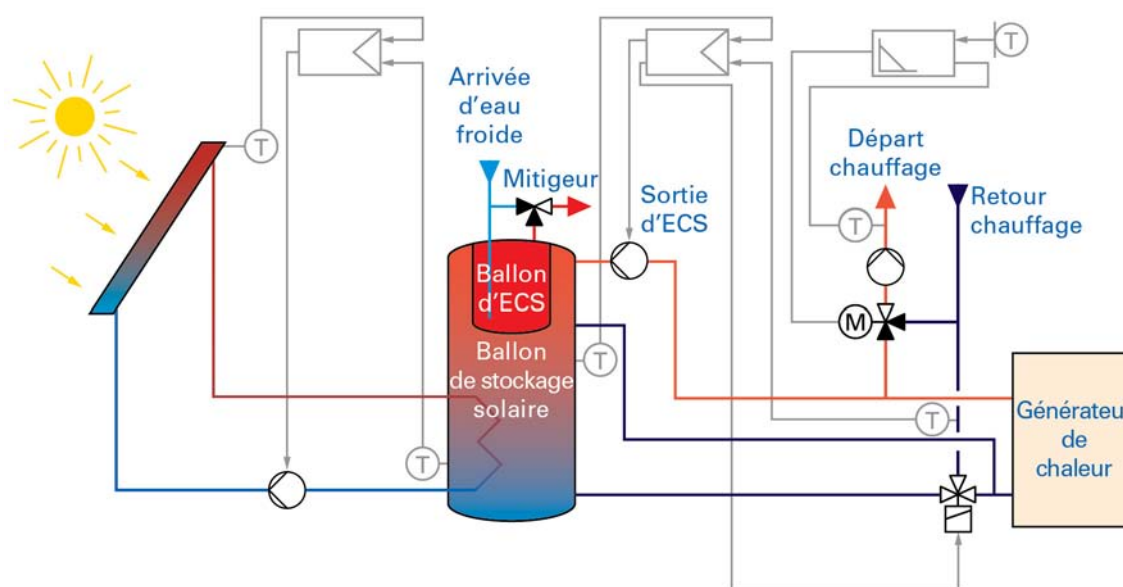
- un échangeur à plaques externe au ballon de stockage solaire. Cette solution est mise en œuvre notamment dans le cas d'un système solaire combiné à charge directe alimentant par exemple une dalle épaisse ;
- un ballon solaire séparé. Les capteurs solaires sont raccordés au ballon de stockage solaire assurant le chauffage (s'il existe) et à un ballon solaire séparé réalisant la production d'ECS. Cette solution est privilégiée si le ballon de stockage solaire est trop éloigné des points de puisage.

L'appoint peut être intégré ou non au ballon solaire selon le générateur adopté pour cet appoint, le régime de température en chauffage, le mode de production d'ECS et la régulation.

Différents solutions existent pour limiter les risques de vaporisation du liquide caloporteur en été préjudiciable à l'installation (dimensionnement correct, forte inclinaison des capteurs et refroidissement nocturne) voire les éviter (capteurs autovidangeables, boucle de décharge automatique dans le sol ou une piscine par exemple).

Les systèmes solaires combinés font l'objet de Recommandations professionnelles établies dans le cadre du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Systeme solaire combiné



▲ Figure 58 : Schéma de principe d'un système solaire combiné avec une chaudière d'appoint raccordée en série. Durant la saison de chauffe, la vanne à trois voies directionnelle sur le retour du circuit de chauffage dirige l'eau soit vers la chaudière soit vers le ballon de stockage solaire, en fonction de l'écart de température entre le retour du chauffage et la température en position médiane du ballon. Lorsque la température en partie supérieure du ballon devient inférieure à la consigne d'ECS fixée, la vanne à trois voies du circuit de chauffage est fermée et un circulateur de charge est enclenché afin de réchauffer la partie supérieure du ballon.

Les pompes à chaleur double-service

Ces équipements sont destinés à l'habitat individuel. Leur principal atout est leur performance énergétique. Les essais réalisés sur un appareil air extérieur/eau en mode double-service (hiver) montrent des coefficients de performances globaux allant de 2,3 à 3 pour des conditions variables [1]. En mode ECS seule (été), les coefficients de performances des pompes à chaleur air extérieur/eau certifiées NF PAC double-service sont aux environs 2 à 2,4 pour des conditions normatives d'essais.

Les pompes à chaleur double-service sont très souvent des appareils air extérieur/eau ou eau/eau couplés à un ballon à échangeur à serpentin pour la production d'ECS. Il s'agit généralement de machine permettant de produire de l'ECS à au moins 50°C, dotée d'un compresseur à variation électronique de vitesse (Inverter). Le principe le plus courant consiste à faire circuler l'eau sortant du condenseur de la pompe à chaleur soit vers le circuit de chauffage, soit vers le ballon d'ECS, sous le contrôle de la régulation. Certains appareils peuvent également assurer le rafraîchissement en été.

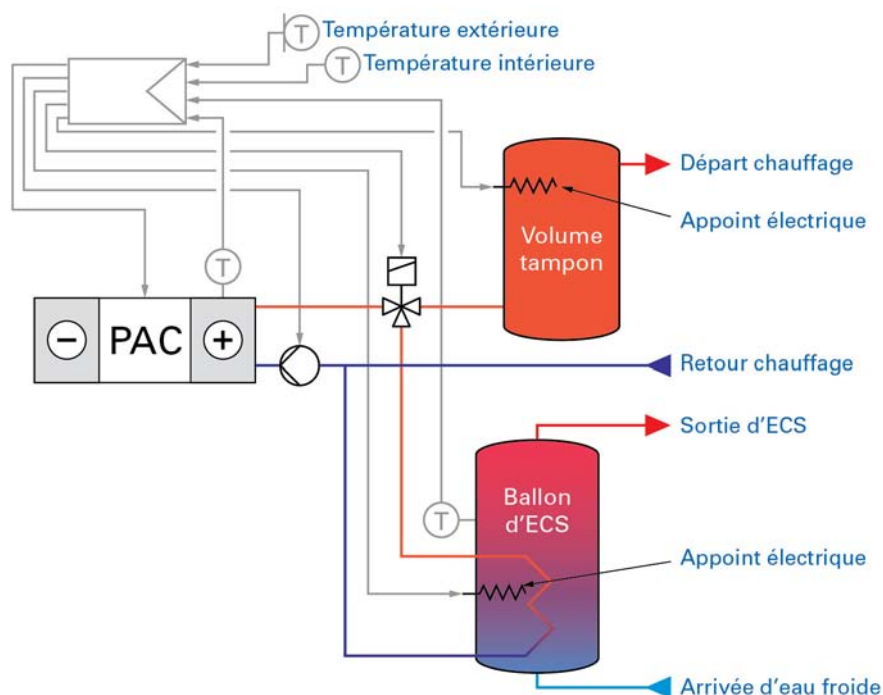
La capacité du ballon, séparé ou intégré à l'unité intérieure selon les modèles, varie généralement entre 150 et 350 litres. Les surfaces des échangeurs de ces ballons sont plus importantes qu'avec une chaudière compte tenu des régimes de températures d'eau plus faibles. Une résistance électrique d'appoint est généralement intégrée dans les ballons. L'appoint est rarement réalisé par une chaudière, les pompes à chaleur en relève ayant en général recours uniquement à la chaudière pour assurer l'ECS.

La puissance thermique des pompes à chaleur double-service varie d'environ 3 kW à plus d'une quinzaine de kilowatts pour le chauffage et l'ECS. Sur certaines machines, elle est bridée pour l'ECS. Les faibles puissances en ECS conduisent à des temps nécessaires pour chauffer l'intégralité du ballon relativement longs, allant jusqu'à plusieurs heures. Le chauffage étant arrêté pendant la production d'ECS, cela génère des risques d'inconfort thermique. Pour parer à ces risques, tout en optimisant les performances, des régulations complexes sont mises en œuvre. Les stratégies adoptées consistent généralement à entrecouper le réchauffage du ballon, si nécessaire, de relance du chauffage. Pour les températures extérieures les plus froides, la résistance dans le ballon réalise éventuellement seule la production d'ECS.

Les contraintes d'installation dépendent du type de pompe à chaleur. Pour les appareils air extérieur/eau non gainés, il est nécessaire de disposer d'un espace à l'extérieur pour l'implantation de l'unité extérieure permettant de satisfaire les exigences acoustiques, esthétiques et techniques.

Les pompes à chaleur double-service font l'objet de Recommandations professionnelles établies dans le cadre du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Pompe à chaleur double-service



▲ Figure 59 : Schéma de principe d'une installation avec une pompe à chaleur double-service. La commande de la vanne à trois voies directionnelle permet d'alimenter soit le circuit de chauffage, soit la production d'ECS. Le ballon forme souvent un ensemble manufacturé avec la pompe à chaleur.

Les chaudières hybrides ou pompes à chaleur hybrides

Ces équipements sont destinés à l'habitat individuel. Leur principal atout est leurs performances globales optimisées.

La particularité de ces systèmes qui associent une pompe à chaleur air extérieur/eau et une chaudière gaz ou fioul est leur régulation qui réalise une gestion optimisée de ces deux générateurs. Le fonctionnement de ces deux générateurs en alterné ou en simultané est contrôlé pour assurer en permanence une consommation d'énergie primaire, un coût ou bien à terme des émissions de CO₂ minimales, selon le critère choisi. Pour cela les appareils, généralement, estiment à chaque instant le rendement des deux générateurs.

La puissance calorifique des pompes à chaleur varie généralement de 2 à 5 kW pour les produits destinés au marché du neuf et va jusqu'à une quinzaine de kilowatts pour l'existant. La puissance des chaudières gaz ou fioul varie d'une quinzaine à une trentaine de kilowatts. Les chaudières gaz sont toutes à condensation.

La production d'ECS est assurée de manière prioritaire :

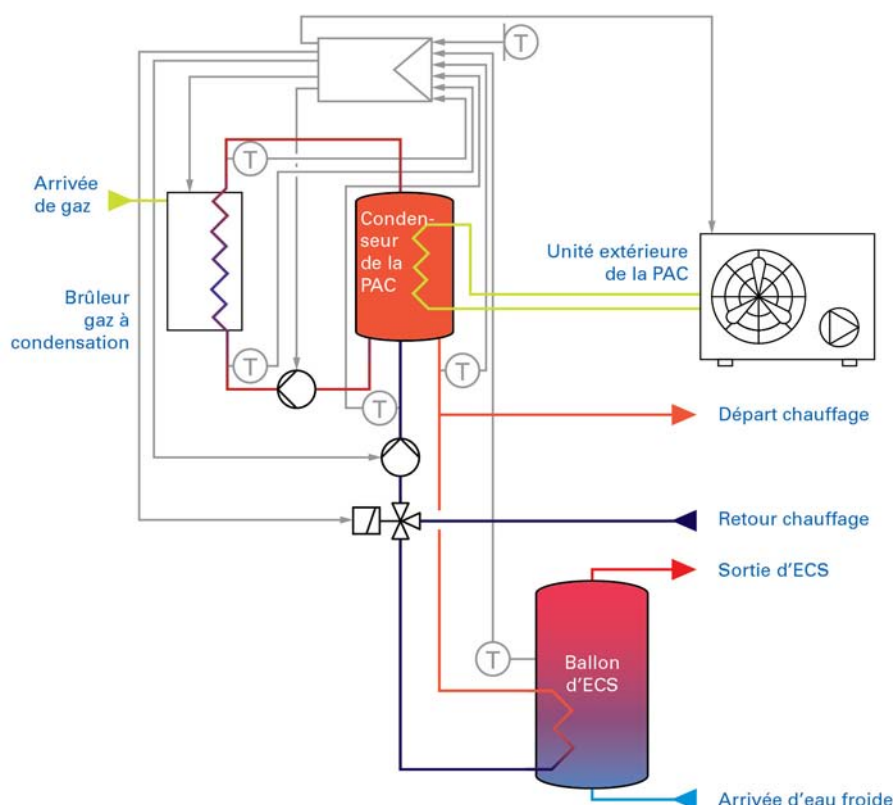
- en instantanée ou par micro-accumulation uniquement par la chaudière gaz ;
- par un ballon chauffé uniquement par la chaudière fioul ou gaz ;
- par un ballon échangeur réchauffé par la pompe à chaleur et la chaudière gaz ou fioul en complément, par l'intermédiaire d'un volume tampon. L'enclenchement des générateurs est géré de

manière à obtenir des performances optimales à la fois énergétiques et en termes de confort. Pour de fortes demandes d'ECS, la chaudière est enclenchée.

Plusieurs modèles bénéficient d'un marquage NF pompe à chaleur portant sur leurs performances en mode chauffage.

Ces systèmes font l'objet d'un guide établi dans le cadre du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Chaudière hybride ou pompe à chaleur hybride



▲ Figure 60 : Schéma de principe d'une chaudière hybride ou pompe à chaleur hybride. Sur cet exemple, la production d'ECS est assurée par la pompe à chaleur et la chaudière gaz à condensation en complément.

Les chaudières à condensation double-service

Ces équipements sont destinés à l'habitat. Leurs principaux atouts sont un rendement global élevé durant la saison de chauffe et un coût d'investissement faible par rapport à la plupart des solutions double-service. Les essais en mode double-service (hiver) réalisés sur une chaudière murale gaz à micro-accumulation pour une température de départ chauffage de 40°C et 60°C et des taux de charge compris entre 3 et 20% montrent un rendement global sur une journée compris entre 97 et 88% sur PCS [1]. En mode ECS seule (été), les rendements obtenus sont plus faibles. Ils vont de 54 à 75% sur PCS selon les besoins d'ECS et le maintien ou non en température de l'échangeur. Néanmoins, l'impact de cette dégradation des rendements en été sur la consommation globale annuelle du générateur pour le chauffage

et l'ECS est limité. Les besoins en dehors de la saison de chauffe ne représentent qu'environ un tiers des besoins annuels d'ECS et une proportion encore moindre des besoins thermiques globaux.

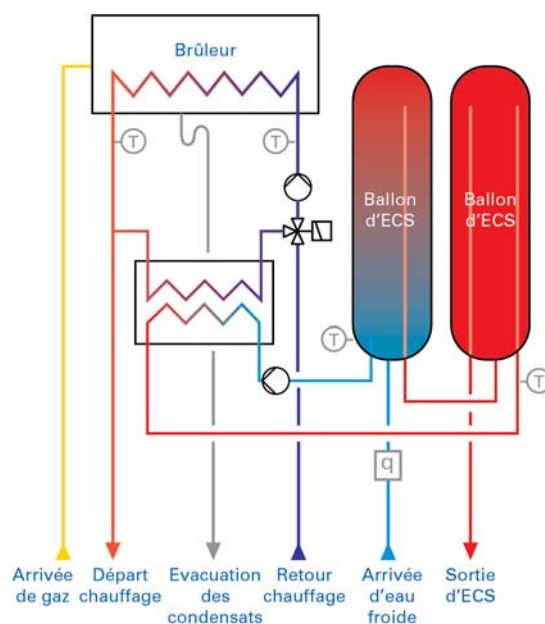
Les chaudières gaz à condensation peuvent assurer une production d'ECS :

- instantanée. Cette solution, de moins en moins courante, requière des puissances élevées pour l'ECS. Pour obtenir un débit spécifique de 17 l/min tel que défini dans la norme NF EN 89 avec une élévation moyenne de 30 K, la puissance nécessaire est de l'ordre de 35 kW avec une chaudière instantanée contre seulement 12 kW pour un générateur avec un ballon de 100 litres.
- à micro-accumulation. La chaudière maintient en température l'eau contenue soit dans son échangeur sanitaire soit dans un petit ballon de moins d'une dizaine de litres. Cela permet de disposer d'ECS sans attente, d'avoir une meilleure stabilité de la température et d'obtenir de très faibles débits (pas de débit minimum).
- à accumulation. La chaudière est associée à un ou deux ballons intégrés sous le même habillage ou séparé. Il peut s'agir de ballon échangeur à serpentin, à double-enveloppe ou de ballon tampon à régénération directe avec un échangeur externe. Leur capacité est variable : d'une vingtaine à plus d'une centaine de litres pour les ballons non intégrés. L'ajout d'un ballon permet de satisfaire des besoins d'ECS plus importants (débits spécifiques allant jusqu'à plus de 20 l/min). Cela permet également d'avoir une chaudière de plus faible puissance et de limiter ainsi les courts-cycles préjudiciables à sa performance et à sa pérennité. Les temps de régénération des ballons sont relativement courts, généralement inférieurs à 30 minutes. Une chaudière avec un ballon séparé offre la possibilité de placer le ballon à proximité des points de puisage.

En fioul, il s'agit généralement de chaudières au sol associées à un ballon échangeur d'au moins une centaine de litres. Le ballon peut être intégré sous le même carénage ou séparé. Les capacités de production d'ECS de ces chaudières sont importantes. La durée de reconstitution du stockage est rapide, généralement moins de 30 minutes. Les plages horaires de réchauffage du ballon peuvent être programmées, par exemple une avant la pointe du matin et une autre l'après-midi. Cela permet de réduire le nombre de remise en température de la chaudière en été et de limiter les pertes thermiques du ballon.

Ces chaudières peuvent être couplées à d'autres appareils : système solaire, chauffe-eau thermodynamique, pompe à chaleur, microcogénérateur...

Chaudière murale gaz à condensation



▲ **Figure 61** : Schéma de principe d'une chaudière murale gaz à condensation avec deux petits ballons d'ECS d'une dizaine de litres (conduisant à une stratification) et un échangeur d'ECS externe. Ces générateurs sont équipés d'un brûleur gaz à pré-mélange total modulant présentant de faibles émissions de NOx. En rénovation, un diagnostic préalable du conduit de fumée existant est indispensable de manière à déterminer la solution d'évacuation des produits de combustion adaptée telle que décrit dans le guide [13] dédié à ces questions.

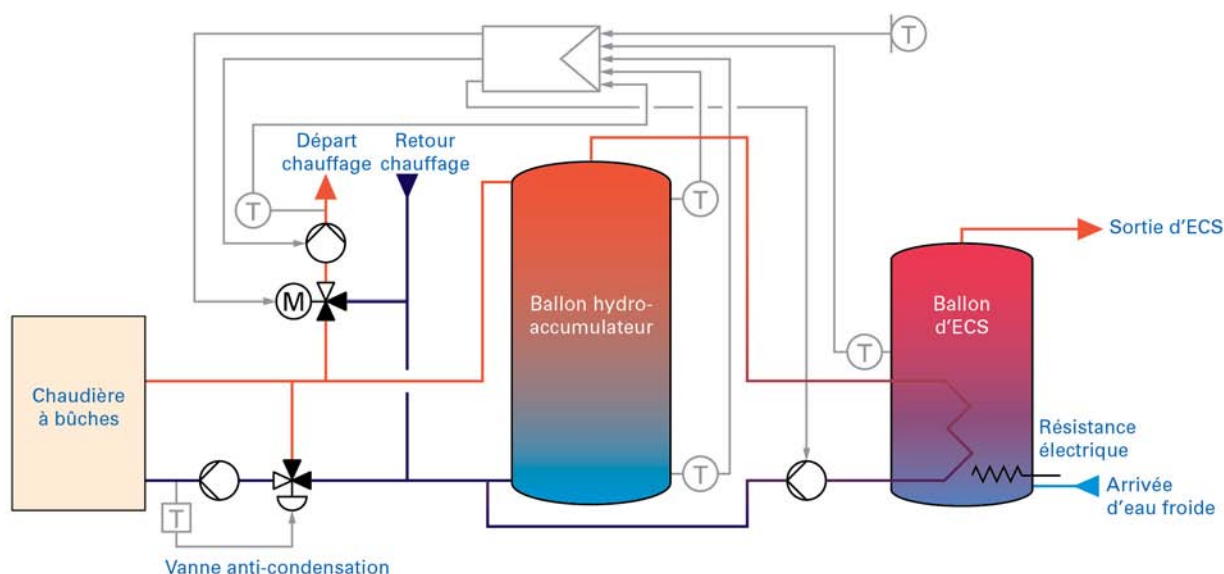
Les chaudières ou appareils bouilleurs à bois bûches ou granulés assurant le chauffage et l'ECS

Ces équipements sont destinés à l'habitat individuel excepté les chaudières automatiques à granulés utilisées aussi en habitat collectif et en tertiaire. Leur principal atout est la valorisation de ressources locales.

Dans le cas d'une **chaudière à bûches**, les deux principales solutions pour réaliser la production d'ECS consiste à recourir à :

- un ballon en bain-marie placé en partie haute du ballon hydroaccumulateur. Si l'installation comporte plusieurs ballons d'hydroaccumulation, le ballon d'ECS est disposé dans le premier. L'été, la chaudière est généralement arrêtée. Une résistance électrique placée dans le ballon en bain-marie assure alors la production d'ECS ;
- un ballon échangeur séparé du ballon d'hydroaccumulation (Figure 62). Ce ballon échangeur comporte une résistance électrique qui prend le relais en dehors de la saison de chauffe lorsque la chaudière est arrêtée.

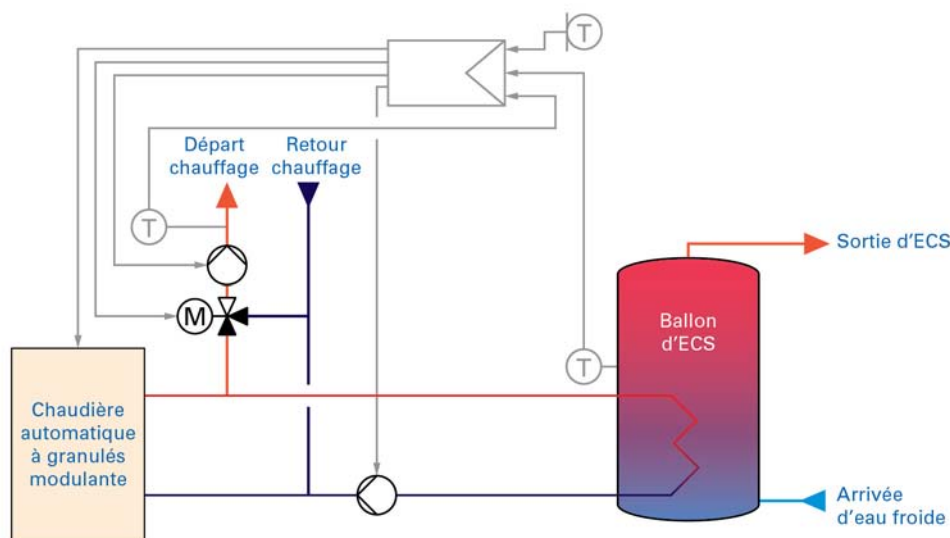
Chaudière à bûches



▲ Figure 62 : Schéma de principe d'une installation avec une chaudière à bûches assurant le chauffage et la production d'ECS. La production d'ECS est prioritaire sur le chauffage. La résistance électrique assure seule la production d'ECS l'été.

Dans le cas d'une **chaudière automatique à granulés modulante**, la production est souvent réalisée directement par un ballon échangeur (Figure 63). Ce ballon peut comporter une résistance électrique utilisable l'été pour assurer seule la production d'ECS. Si l'installation dispose d'un ballon hydroaccumulateur, les mêmes solutions qu'avec une chaudière à bûches sont mises en œuvre (Figure 62). L'ajout d'un ballon hydroaccumulateur permet d'améliorer les performances des chaudières à granulés pour les faibles taux de charge rencontrés notamment en demi-saison. Le volume du ballon hydroaccumulateur est plus faible pour ce type de générateur que pour une chaudière à bûches.

Chaudière automatique à granulés



▲ Figure 63 : Schéma de principe d'une installation avec une chaudière automatique à granulés modulante assurant le chauffage et la production d'ECS. La production d'ECS est prioritaire sur le chauffage. La chaudière est équipée d'un système interne évitant les retours froids.

Divers **appareils bouilleurs à bois à bûches ou à granulés** (poêle, insert, cuisinière) peuvent également assurer en plus du chauffage, la production d'ECS durant la saison de chauffe.

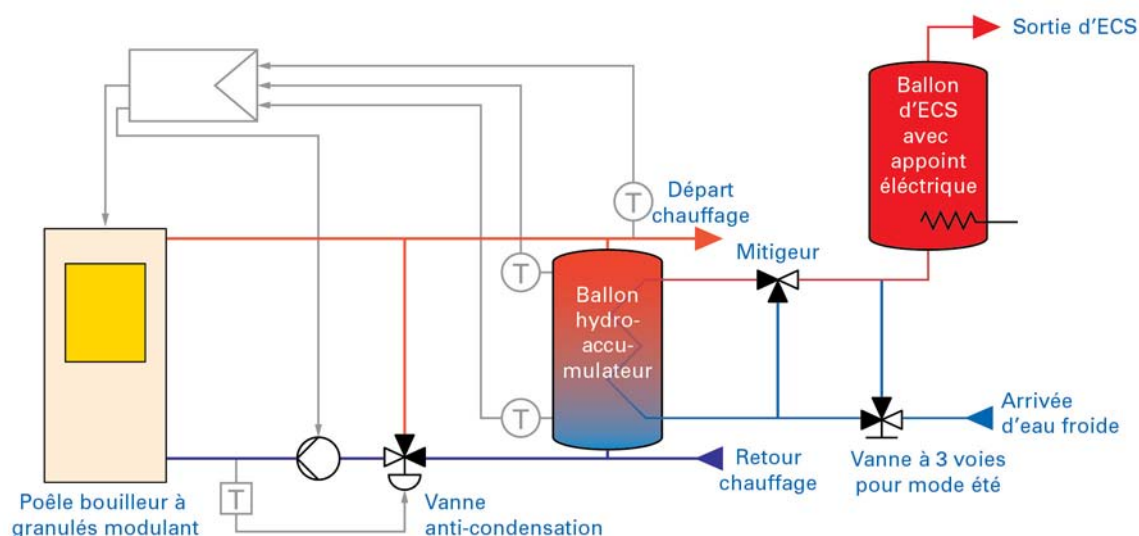
Une des solutions consiste à réaliser un préchauffage de l'ECS grâce à un échangeur à serpentin immergé dans le ballon hydroaccumulateur (Figure 64). L'été lorsque le poêle bouilleur est arrêté, la production d'ECS est réalisée par le ballon électrique.

Une autre solution consiste comme dans le cas d'une chaudière à bûches à réaliser la production d'ECS par un ballon échangeur séparé raccordé sur le ballon hydroaccumulateur.

L'appareil bouilleur ne doit absolument pas être utilisé pour assurer uniquement la production d'ECS en raison du risque de surchauffe si aucun ou peu de puisages sont effectués.

Les appareils de chauffage divisé à bûches et à granulés en habitat individuel font l'objet de Recommandations professionnelles établies dans le cadre du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Poêle bouilleur à granulés



▲ Figure 64 : Schéma de principe d'une installation avec un poêle bouilleur à granulés servant à la préparation d'ECS et au chauffage.

Les micro-cogénérateurs

Ces équipements sont destinés essentiellement à l'habitat individuel. Leur principal atout est d'assurer, en plus du chauffage et de l'ECS, une production d'électricité.

Les produits proposés actuellement sur le marché sont peu nombreux. Il s'agit généralement de micro-cogénérateurs à moteur Stirling. La source chaude peut être un générateur à granulés, au fioul ou le plus souvent à gaz. Les appareils à gaz appelés également chaudières à micro-cogénération sont constitués :

- d'un brûleur principal qui fournit l'énergie thermique nécessaire au fonctionnement du moteur Stirling. Il s'agit généralement d'un

brûleur régulé en tout ou rien d'une puissance thermique comprise entre 5 et 8 kW ;

- d'un moteur Stirling qui entraîne un alternateur à courant alternatif. La chaleur évacuée au niveau du moteur est utilisée pour assurer les besoins thermiques. La puissance électrique produite est environ 6 fois plus faible que la puissance thermique fournie soit généralement environ 1 kW à puissance nominale ;
- d'un brûleur auxiliaire qui joue le rôle d'appoint d'une puissance nominale d'environ 20 kW. Il s'agit d'un brûleur modulant similaire à celui utilisé sur les chaudières gaz à condensation.

La production d'ECS peut être assurée soit :

- par un ballon échangeur ;
- par un ballon en bain marie ou un serpentin immergé placé dans le volume tampon qui accumule la chaleur ;
- en instantanée ou en micro-accumulation. Dans ce cas, c'est le brûleur auxiliaire qui est employé compte tenu de la brièveté des soutirages. L'électricité est donc produite uniquement durant la saison de chauffe.

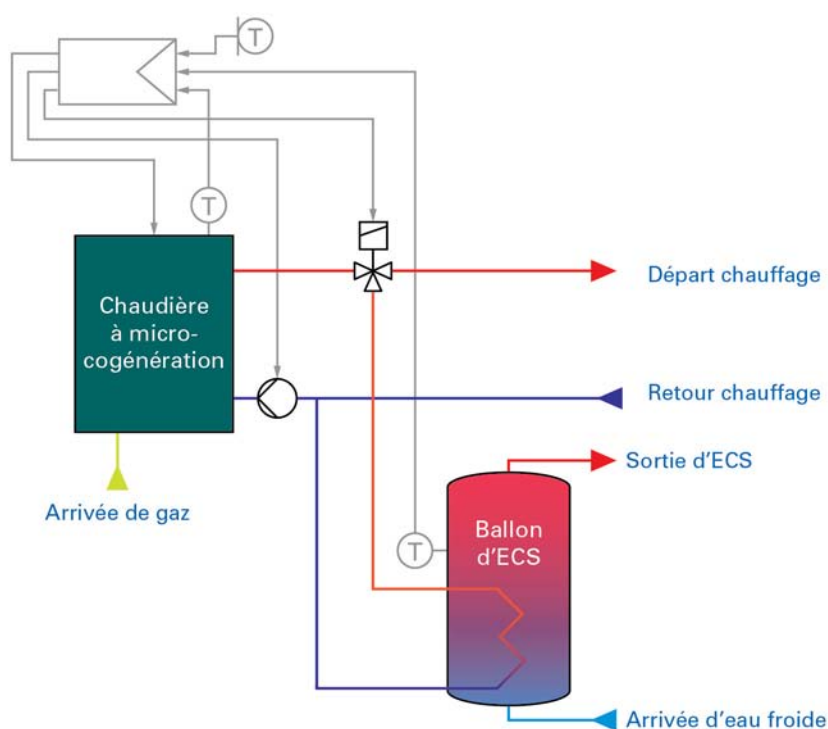
Un dispositif d'accumulation de la chaleur est recommandé afin d'une part d'éviter les courts-cycles et d'autre part d'évacuer la chaleur à l'arrêt du moteur pour éviter les risques de détérioration par surchauffe. Ce rôle peut être joué par un volume tampon ou par le ballon d'ECS. Un temps de fonctionnement minimal du moteur Stirling d'une demi-heure est généralement préconisé. La dégradation de son rendement à faible taux de charge provient principalement de son inertie et de sa consommation au démarrage.

Cet équipement est d'autant plus pertinent que les besoins thermiques et électriques sont importants. La production d'électricité sera ainsi plus élevée et plus autoconsommée. En effet, le taux d'autoconsommation est très variable, de moins de 25% à plus de 75% selon les besoins thermiques et électriques.

Des contraintes d'installation spécifiques sont également à prendre en compte. Il est ainsi recommandé de ne pas l'installer dans ou contre pièce de vie pour éviter que les vibrations engendrées par le fonctionnement du moteur Stirling ne génère une gêne des occupants. La masse de cet équipement, généralement entre 100 et 200 kg, implique également des contraintes de manipulation.

Les chaudières à micro-cogénération à moteur Stirling fonctionnant au gaz naturel font l'objet de Recommandations professionnelles établies dans le cadre du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Chaudière à micro-cogénération



▲ Figure 65 : Schéma de principe d'une installation avec une chaudière à micro-cogénération à moteur Stirling fonctionnant au gaz naturel. Le ballon échangeur assure la production d'ECS et joue également le rôle d'accumulateur de chaleur afin d'éviter les courts cycles et de refroidir le moteur à l'arrêt du brûleur. La chaudière à micro-cogénération est régulée en fonction des besoins thermiques en chauffage et en ECS. La vanne à trois voies directionnelle assure la commutation entre le circuit de chauffage et d'ECS, cette dernière étant prioritaire sur le chauffage.

4.5.3. • Les systèmes de production collective d'ECS

Les équipements présentés ci-après permettent d'assurer la production d'ECS d'un ensemble de logements ou d'un bâtiment tertiaire. Il s'agit :

- des chauffe-eau solaires collectifs ;
- des pompes à chaleur dédiées à la production d'ECS ou double-service ;
- des accumulateurs gaz à condensation ;
- des systèmes de production d'ECS par échangeur avec ou sans stockage associés à une chaufferie ou à un réseau de chaleur ;
- des modules thermiques d'appartement.

Les chauffe-eau solaires collectifs

Ces équipements sont particulièrement bien adaptés aux bâtiments présentant des besoins d'ECS importants tout au long de l'année tels que l'habitat collectif et l'hôtellerie.

Leur principal atout est l'économie d'énergie importante qu'ils procurent. Ils permettent de réduire jusqu'à 50% les consommations annuelles d'énergie pour l'ECS comme l'ont montrés les suivis effectués.



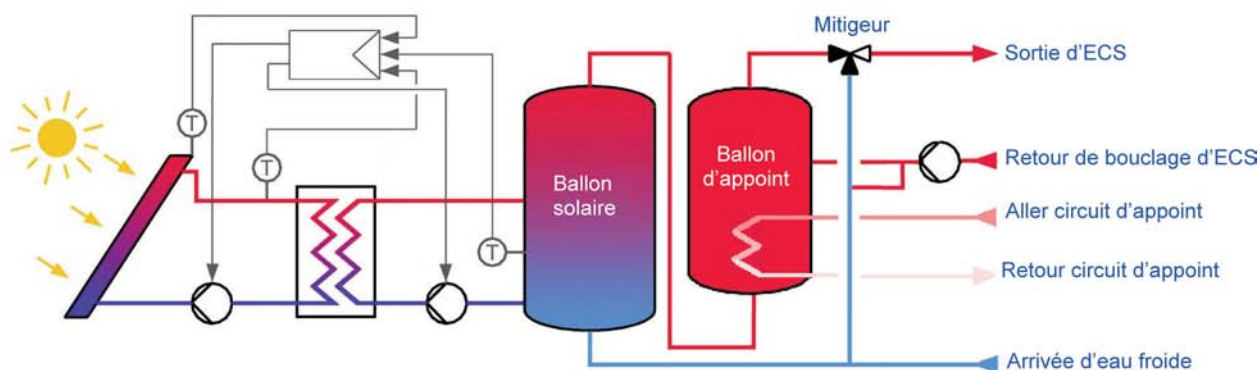
Pour pouvoir opter pour ce système, il est nécessaire de disposer d'une surface correctement orientée ($\pm 45^\circ$ par rapport au sud) sans effet d'ombrage pour la mise en place des capteurs solaires. Au niveau de l'inclinaison, les possibilités sont étendues : entre 30 et 60° pour des capteurs plans vitrés. En général, entre 1 à 2 m^2 par logement sont à prévoir. Si la surface disponible pour la mise en œuvre des capteurs est insuffisante pour obtenir un taux de couverture des besoins d'ECS par l'énergie solaire d'au moins 50% , un projet solaire peut quand même être viable. La part des besoins couverts sera plus faible mais la performance énergétique de l'installation sera meilleure.

Les systèmes les plus couramment rencontrés sont les **chauffe-eau solaires collectifs centralisés** (CESC). Pour de petits bâtiments collectifs, les installations sont similaires à celles rencontrées pour l'habitat individuel (cf. 4.5.1). Pour les installations de plus grande taille, avec en général une surface de capteurs supérieure à 30 m^2 , l'échangeur assurant le réchauffage du ballon solaire est extérieur au stockage (Figure 66). L'appoint est généralement réalisé dans un ballon séparé. Il peut être intégré au ballon solaire pour de faibles besoins (inférieurs à 1000 litres) si l'emplacement disponible en local technique est insuffisant.

Le circuit solaire peut être rempli en permanence ou autovidangeable. Les installations autovidangeables permettant d'éviter le vieillissement prématuré du liquide caloporteur sont plus délicates à mettre en œuvre (positionnement du champ de capteurs, de la bouteille de récupération, étanchéité à l'air du circuit solaire, respect des pentes, joints métal/métal...).

Il est important d'éviter le surdimensionnement de l'installation solaire qui engendre une faible augmentation du taux de couverture et entraîne des risques de surchauffe plus importants.

Chauffe-eau solaire collectif centralisé



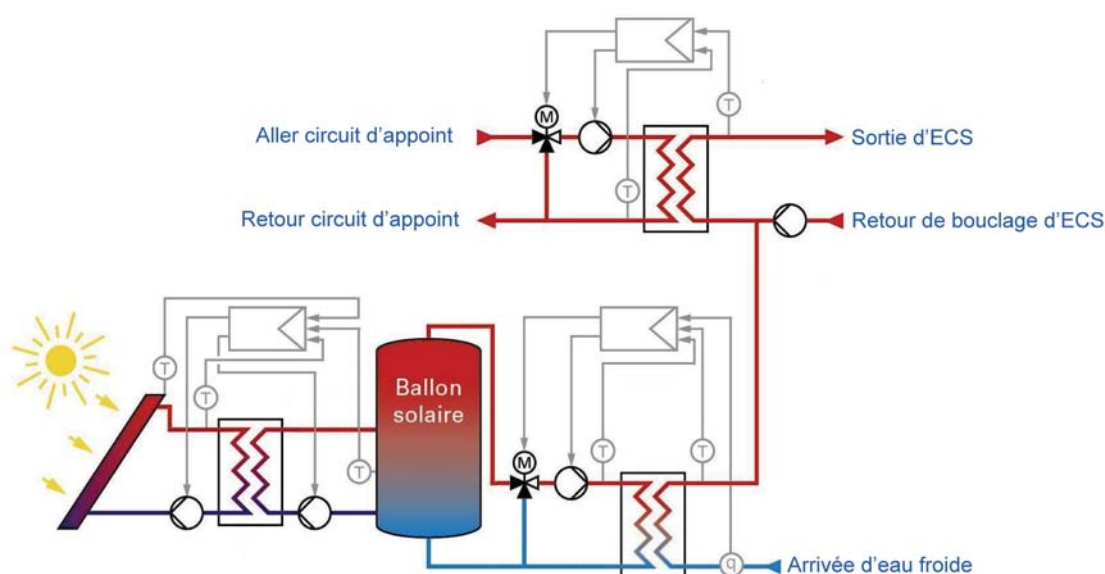
▲ Figure 66 : Schéma de principe d'un chauffe-eau solaire collectif centralisé avec un échangeur externe et un appoint séparé. Ramener le bouclage uniquement sur le ballon solaire conduit à un réchauffement de ce ballon préjudiciable aux performances de l'installation.

Il est possible également de recourir à un **chauffe-eau solaire collectif centralisé avec un stockage en eau morte**. L'eau stockée dans le ballon

(eau technique) et réchauffée par le circuit solaire est physiquement séparée du circuit de distribution d'eau chaude sanitaire par l'intermédiaire d'un échangeur à plaques. Cette solution est destinée tout particulièrement aux établissements de santé et aux établissements sociaux et médico-sociaux d'hébergement pour personnes âgées pour lesquels les circulaires sur la prévention des risques légionelles préconisent la suppression de tous les réservoirs de stockage d'ECS à une température inférieure à 55°C.

Des simulations réalisées sur une maison de retraite de 100 lits avec cette solution [3] montrent que le taux de couverture solaire annuel est inférieur de seulement 5 à 10% en moyenne à la configuration de chauffe-eau solaire collectif courante centralisée, décrite précédemment.

Chauffe-eau solaire collectif centralisé avec un stockage en « eau morte »



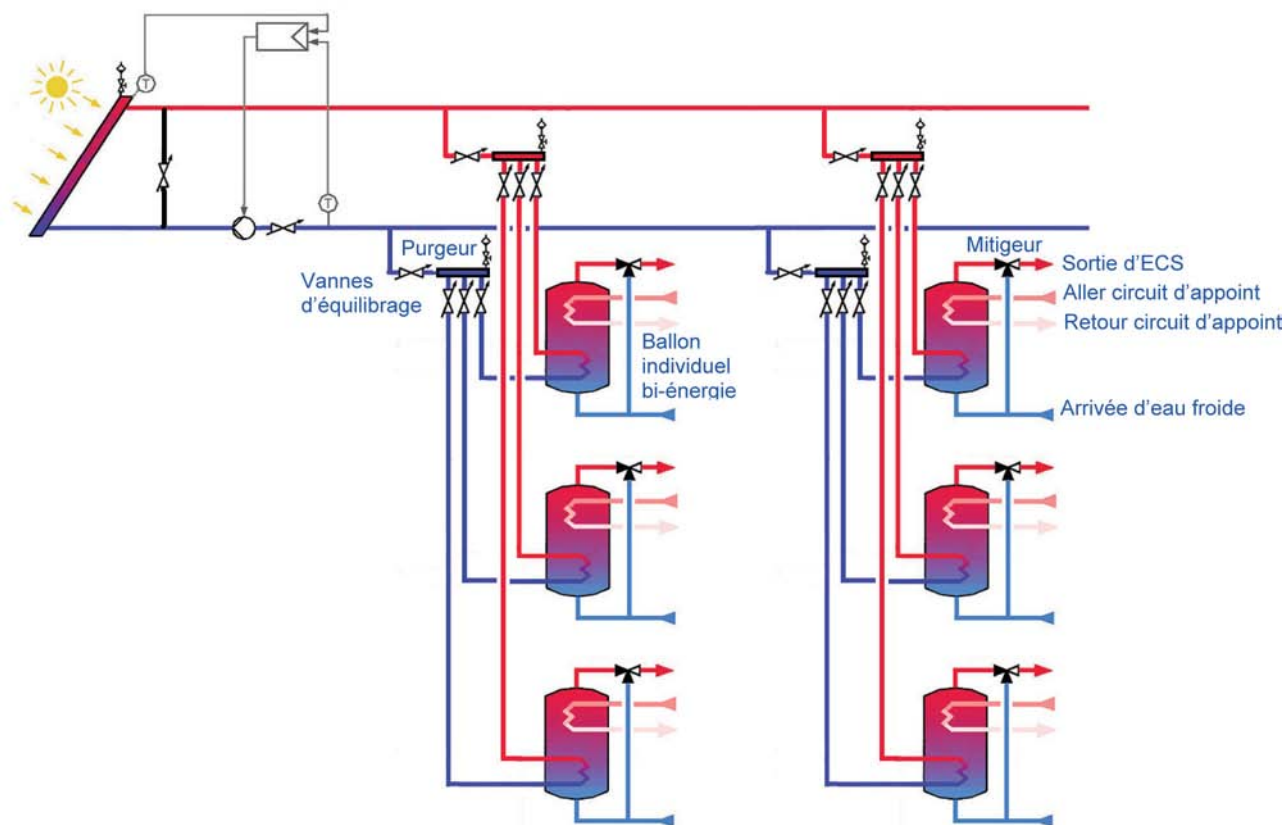
▲ Figure 67 : Schéma de principe d'une installation en « eau morte » (ou en « eau technique »).

Pour les bâtiments d'habitation neufs, une **solution de production solaire collective individualisée** (CESCI) peut être également adoptée. L'énergie solaire est distribuée directement des capteurs solaires aux ballons de stockage solaires présents dans chaque logement via un échangeur noyé, intégré en partie basse de ces derniers. L'appoint individuel peut être intégré au ballon (résistance électrique ou échangeur raccordé à une chaudière) ou séparé (ballon électrique, chauffe-bain ou chaudière mixte raccordé en série). Les atouts de cette solution sont :

- des pertes de distribution collective d'ECS couvertes par l'énergie solaire ;
- une compatibilité avec des solutions de production de chaleur individuelle ;
- des charges d'eau et d'énergie individuelles.

Une configuration en parapluie est fortement recommandée de manière à pouvoir accéder facilement en toiture aux organes d'équilibrage. Cette configuration nécessite d'avoir les ballons solaires positionnés les uns au-dessus des autres, ce qui n'est pas forcément possible si le type d'appartement diffère d'un niveau à l'autre.

Chaque-eau solaire collectif individualisé



▲ Figure 68 : Schéma de principe d'un chauffe-eau solaire collectif individualisé avec une configuration de type parapluie. Cette configuration nécessite que l'ensemble des ballons soit superposé. Les organes de réglage (mais aussi de purge) sont directement localisés et accessibles en toiture ce qui évite d'avoir à pénétrer dans les logements pour réaliser l'équilibrage. Sur ce schéma, les seuls accessoires hydrauliques représentés sont les vannes d'équilibrage et les purgeurs.

Les chauffe-eau solaires collectifs centralisés et individualisés font l'objet de Recommandations professionnelles établies dans le cadre du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Les pompes à chaleur dédiées à la production d'ECS ou double-service

Ces équipements sont destinés aux bâtiments d'habitation collectifs et tertiaires. Leur principal atout est leur performance énergétique.

Les sources d'énergie valorisées varient selon le système. Les pompes à chaleur peuvent fonctionner sur :

- air extérieur ;
- air extrait ;
- capteurs géothermiques verticaux ou horizontaux ;
- nappes ou forages de géothermie ;

- capteurs solaires thermiques ;
- eaux grises.

Compte tenu de la diversité des systèmes, seuls quelques-uns sont évoqués brièvement ci-après. Il s'agit souvent de systèmes propres à un constructeur faisant l'objet pour certains de marques déposées.

Les pompes à chaleur sur air extérieur dédiées à la production d'ECS sont également appelées chauffe-eau thermodynamiques collectifs. Elles assurent une production d'ECS par accumulation.

Pour pouvoir recourir à ce système, il est nécessaire de disposer d'un espace à l'extérieur pour l'implantation du groupe monobloc ou de l'unité extérieure permettant de satisfaire les contraintes acoustiques, esthétiques et techniques. La longueur maximale de liaison frigorifique entre l'unité extérieure et le module intérieur est notamment à prendre en compte pour les pompes à chaleur bi-bloc. Ainsi sur certains modèles, la distance entre le local technique et l'unité extérieure ne peut dépasser 10 mètres. Un emplacement suffisant doit être également disponible pour l'installation des ballons d'accumulation d'ECS.

Une ou plusieurs pompes à chaleur air extérieur/eau peuvent être utilisées selon les besoins d'ECS. Leur puissance thermique varie d'environ 10 à 20 kW selon les modèles. Il s'agit de pompes à chaleur à haute température monoblocs ou bi-blocs capables de produire de l'ECS jusqu'à 60°C fonctionnant sur des plages de -20 à au moins +35°C. Les modèles monoblocs, contrairement aux modèles bi-blocs présentent moins de contraintes d'installation (pas d'intervention de frigoriste, pas de longueur maximale de liaison frigorifique) par contre le raccordement en eau glycolée entre l'unité extérieure et intérieure génère une perte de performance.

Le transfert d'énergie entre la pompe à chaleur et les ballons d'ECS est assuré par un module hydraulique comprenant un échangeur à plaques, différents accessoires hydrauliques (circulateur, vase d'expansion, soupapes,...) et dans le cas des modèles bi-bloc le condenseur de la pompe à chaleur.

Un ou plusieurs ballons de stockage d'ECS peuvent être nécessaires selon les besoins et les contraintes d'encombrement. Leur capacité varie de 500 à 3000 litres. Ces ballons sont réchauffés par la pompe à chaleur en période nocturne, un seul réchauffage conduisant à de meilleures performances que de multiples relances durant la journée.

Au niveau de l'appoint, les configurations diffèrent selon l'énergie utilisée :

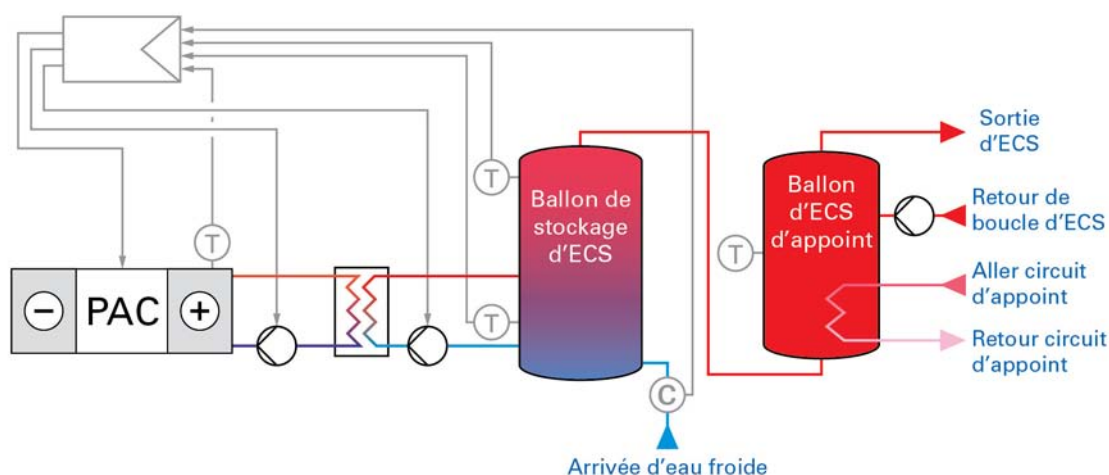
- un appoint électrique par un ou deux thermoplongeurs intégrés dans le ou les ballons de stockage d'ECS. Le maintien en température du bouclage d'ECS est assuré dans ce cas par un réchauffeur de boucle indépendant pour éviter de détruire la stratification dans le ballon (un réchauffeur avec un thermoplongeur ou un petit chauffe-eau thermodynamique assurant le rôle de réchauffeur) ;

- un ballon échangeur d'appoint raccordé à un générateur de chaleur (chaudière, sous-station) ou bien un accumulateur gaz d'appoint. Cet appoint assure également le réchauffage de la boucle d'ECS de manière à ne pas dégrader les performances énergétiques. Ce système peut être dimensionné pour couvrir pratiquement tous les besoins par la pompe à chaleur ou bien pour des raisons de coût d'investissement ou d'encombrement seulement une partie.

Leur régulation électronique ainsi que le recours à des pompes à chaleur et des circulateurs à vitesse variable permettent d'optimiser leur consommation, en réalisant notamment un réchauffage le plus progressif possible.

Le coefficient de performance système moyen annuel indiqué pour certains produits par le constructeur est de l'ordre de 3 à 3,5.

Chauffe-eau thermodynamique collectif sur air extérieur



▲ Figure 69 : Exemple de schéma de principe d'un chauffe-eau thermodynamique collectif sur air extérieur. L'appoint est réalisé par un ballon échangeur raccordé à une chaudière.

D'autres systèmes dédiés à la production d'ECS associent des **pompes à chaleur eau glycolée/eau** à des **capteurs solaires thermiques non vitrés** (moquette solaire). Ces capteurs moins onéreux que les capteurs vitrés permettent de récupérer, outre l'énergie solaire, de la chaleur de l'atmosphère (de l'air, de la pluie...). Cette chaleur est absorbée, notamment la nuit, lorsque l'eau glycolée dans les capteurs refroidie par la pompe à chaleur devient plus froide que la température extérieure.

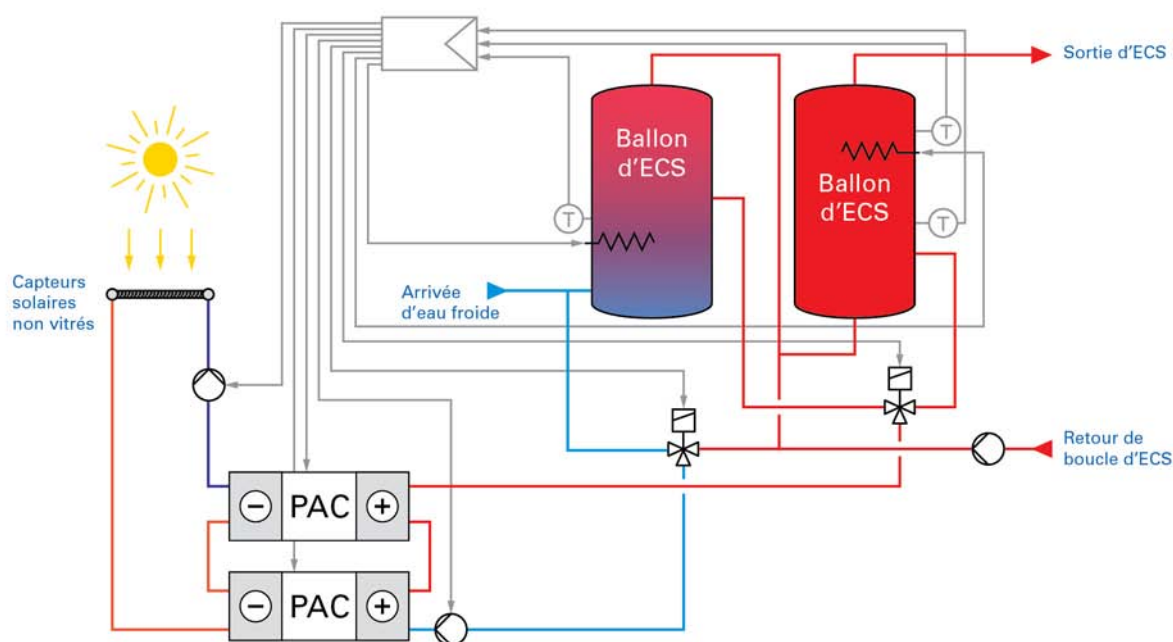
Pour pouvoir opter pour ce système, il est nécessaire de disposer, pour l'implantation des capteurs, d'une surface suffisante sans effet d'ombrage, inclinée de moins de 15° (sur une toiture terrasse...) ou sur une toiture de 15 à 45° correctement orientée (+/-45° par rapport au sud). La surface minimale de capteur est d'au moins une vingtaine de mètres carrés correspondant environ à une vingtaine de logements. Un emplacement suffisant doit être également disponible pour accueillir les ballons d'accumulation de 1500 litres minimum.

Les pompes à chaleur couplées pour couvrir les besoins énergétiques ont une puissance thermique qui varie de 8 à 23 kW selon les modèles. Il s'agit de pompes à chaleur à haute température capables de produire de l'ECS sans appoint à plus de 55°C. Elles fonctionnent jusqu'à des températures extérieures minimales de -5°C. Au-delà un appoint, généralement des thermoplongeurs intégrés dans les ballons d'ECS prennent le relais. Un échangeur supplémentaire éventuel permet lorsque l'ensoleillement est important de réchauffer directement les ballons d'ECS.

La température maximale atteinte dans les capteurs en l'absence de circulation est de l'ordre de 55°C d'où pas de risque de surchauffe, contrairement aux capteurs vitrés.

Les taux de couverture des besoins énergétiques annuels par des énergies renouvelables indiqués pour ces systèmes vont jusqu'à 70%.

Pompe à chaleur collective sur capteurs solaires thermiques non vitrés



▲ Figure 70 : Schéma de principe d'un système de production d'ECS couplant des pompes à chaleur eau glycolée/eau à des capteurs solaires thermiques non vitrés. Une gestion de la stratification dans les ballons par l'intermédiaire de 2 vannes à trois voies permet une optimisation des performances des pompes à chaleur en fonction des besoins.

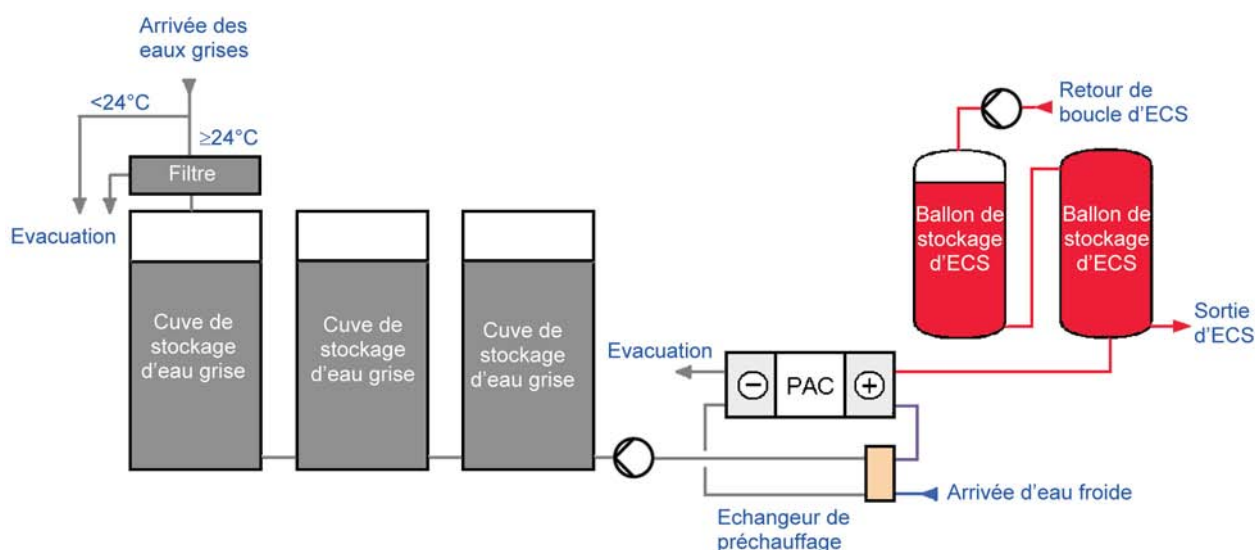
D'autres systèmes **recupèrent la chaleur des eaux grises** provenant des lavabos, douches, baignoires, machines à laver et éventuellement des cuisines. Les eaux grises collectées dans des cuves sont utilisées comme source froide de pompes à chaleur assurant seules ou avec un appoint le réchauffage de ballons d'ECS. Ces eaux grises sont filtrées en amont par un système autonettoyant (filtre à tapis à déroulement semi-automatique à changer environ tous les 6 mois...) ou bien au sein de la cuve par un filtre décanteur. Dans ce dernier cas, la cuve

est vidangée et nettoyée automatiquement chaque jour, un nettoyage manuel étant également à réaliser environ tous les deux mois.

Les volumes de stockage d'eaux grises et d'ECS nécessaires sont relativement importants. Par exemple pour un immeuble de 70 logements, un volume de stockage d'environ 18 m³ d'eaux grises et 9 m³ d'ECS sont requis dans le cas d'un système assurant une production nocturne d'ECS par accumulation. Un calorifugeage des réseaux d'évacuation est également nécessaire afin d'obtenir une température de source froide d'environ 30°C en moyenne.

Le coefficient de performance annuel mesuré pour un de ces systèmes installé dans un hôtel de 150 chambres était de 6,4 [25].

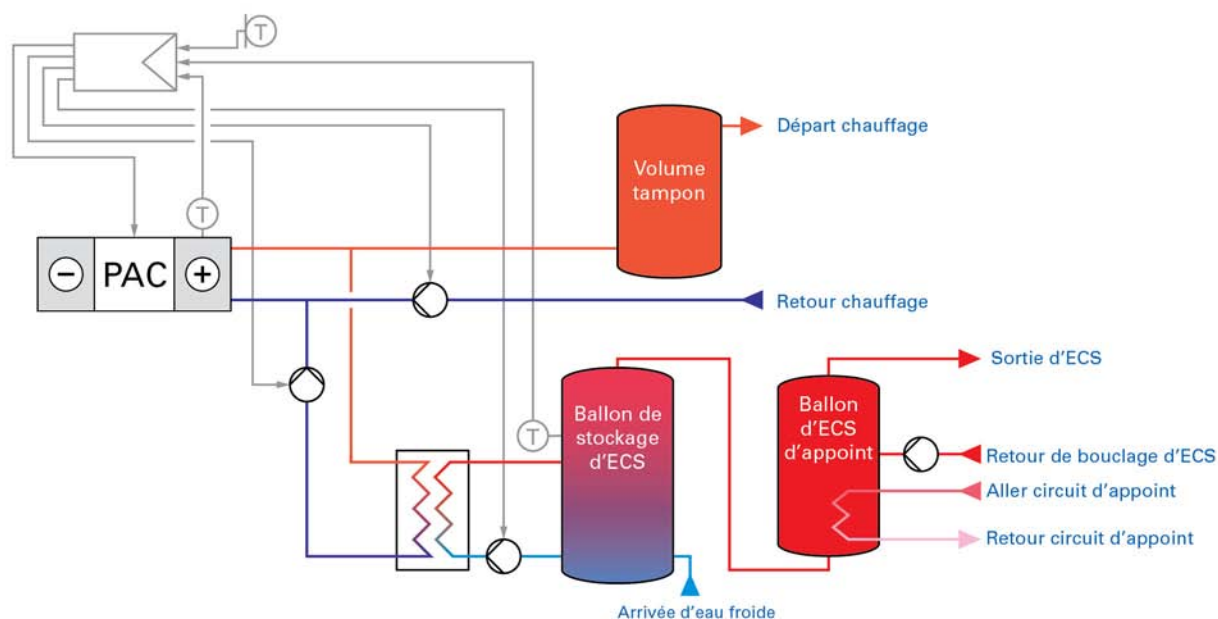
Pompe à chaleur collective sur les eaux grises



▲ **Figure 71** : Schéma de principe d'un système de récupération de chaleur sur les eaux grises. Après avoir été filtrées, les eaux grises d'une température supérieure à 24°C sont stockées dans des cuves. Elles assurent un préchauffage de l'eau froide via un échangeur avant d'entrer dans l'évaporateur de la pompe à chaleur (PAC). L'ECS est stockée dans des ballons à niveau variable mis sous pression d'air comprimé de manière à limiter les pertes thermiques. Elle est produite par la pompe à chaleur en période nocturne.

Des pompes à chaleur électriques double-service air extérieur/eau ou eau/eau assurant le chauffage et la production d'ECS peuvent être également utilisées. Leur puissance thermique varie d'environ une vingtaine à une centaine de kilowatts. Le principe de fonctionnement est généralement similaire à celui décrit pour les pompes à chaleur double-service en individuel. Le chauffage et la production d'ECS sont assurés de manière alternée. La commande de circulateurs ou d'une vanne à trois voies directionnelle permet d'alimenter soit le circuit de chauffage, soit la production d'ECS. Des échangeurs spécifiques, intégrés aux ballons d'ECS ou externes, adaptés aux régimes de températures d'eau des pompes à chaleur sont requis.

Pompe à chaleur électrique double-service collective



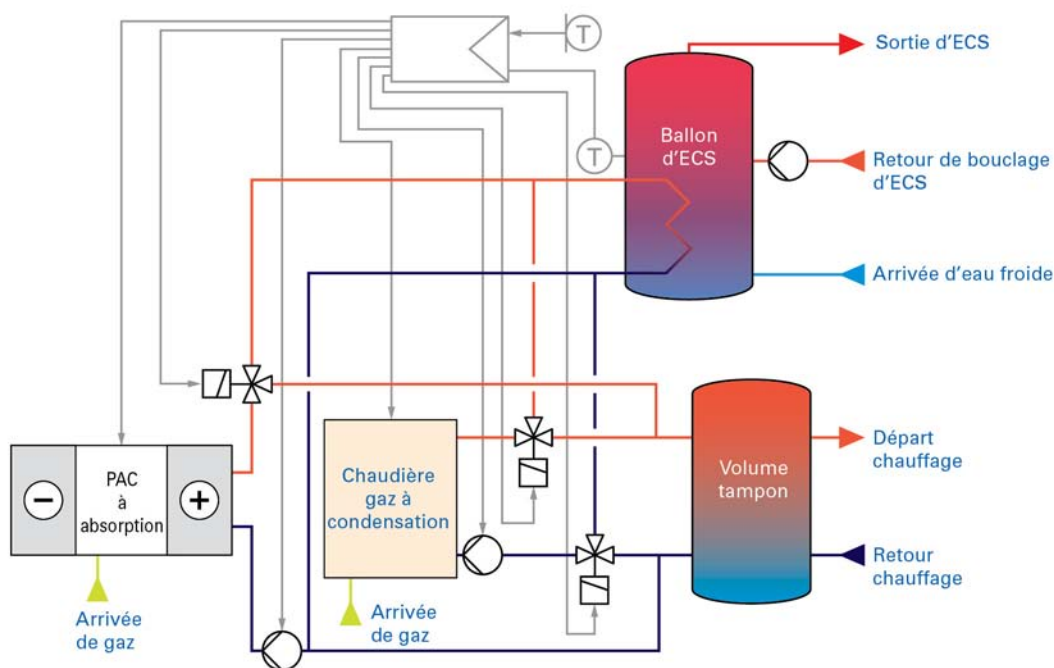
▲ Figure 72 : Schéma de principe d'une installation avec une pompe à chaleur double-service électrique. Un ballon échangeur raccordé à une chaufferie ou une sous-station assure l'appoint et le maintien en température de la boucle d'ECS.

Des pompes à chaleur gaz à absorption aérothermiques ou géothermiques associées à des chaudières gaz à condensation peuvent également réaliser la production d'ECS, en plus du chauffage, voire du rafraîchissement. Elles comportent, à la place d'un compresseur mécanique, un compresseur thermochimique utilisant comme fluide frigorigène l'ammoniac et un brûleur gaz.

La puissance thermique de ces pompes à chaleur associées en cascade en fonction des besoins est d'environ une quarantaine de kilowatts. Elles sont capables d'atteindre des températures d'eau de 70°C. Néanmoins, il est souhaitable, au niveau des performances énergétiques, de ne pas dépasser des températures primaires pour la production d'ECS de plus de 65°C. A 70°C, la pompe à chaleur est obligée de baisser sa puissance de 50%. La solution la plus performante sur un plan énergétique pour produire de l'ECS consiste donc à réaliser un préchauffage de l'ECS par les pompes à chaleur et un appoint par les chaudières.

Les pompes à chaleur à absorption au gaz naturel font l'objet de Recommandations professionnelles établies dans le cadre du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Pompe à chaleur gaz à absorption collective



▲ Figure 73 : Schéma de principe d'une installation avec une pompe à chaleur à absorption associée à une chaudière gaz à condensation. La pompe à chaleur réalise un préchauffage de l'ECS puis la chaudière prend le relais pour assurer le complément. Cela permet d'une part de faire fonctionner la pompe à chaleur dans la plage de température où ses performances sont les meilleures et d'autre part d'éviter la présence d'un ballon de préchauffage à des températures susceptibles d'être favorables à des développements microbiologiques. Les vannes à trois voies assurent la commutation entre les différents circuits.

Les accumulateurs gaz à condensation

Ces appareils sont destinés aux bâtiments d'habitation collectifs et tertiaires (campings, hôtels...). Leurs principaux atouts sont une production d'ECS indépendante du chauffage, un rendement utile élevé et une capacité de production d'ECS importante. Les rendements annoncés sur une période de réchauffage vont jusqu'à 98% sur PCS.

Ces appareils réalisent un réchauffage direct de l'ECS par le brûleur. Le parcours des fumées est étudié spécifiquement pour profiter au maximum de la condensation. Elles sortent en partie basse de l'appareil au niveau de l'arrivée d'eau froide (Figure 74). Comme les chaudières gaz à condensation, ces équipements sont dotés d'un brûleur modulant à prémélange permettant d'assurer une bonne combustion. Cela conduit à des rendements élevés et à des émissions de NOx allant jusqu'à moins de 25 ppm sur certains appareils.

La puissance des accumulateurs varie selon les modèles de 20 à 300 kW et leur volume d'environ 200 à plus de 1000 litres. Pour obtenir une plus grande capacité de production d'ECS, ils peuvent être associés à un ballon de stockage ou plusieurs accumulateurs peuvent être raccordés en parallèle.

D'une manière générale, leur puissance est importante au regard de leur capacité de stockage. Les temps de reconstitution du stockage

sont donc relativement courts, généralement inférieurs à 30 minutes. Cela permet également d'obtenir des débits d'ECS élevés avec une faible capacité de stockage. Ainsi un accumulateur d'environ 300 litres d'une puissance de 40 kW permet de satisfaire les besoins d'un immeuble d'une trentaine de logements, d'après les données constructeurs.

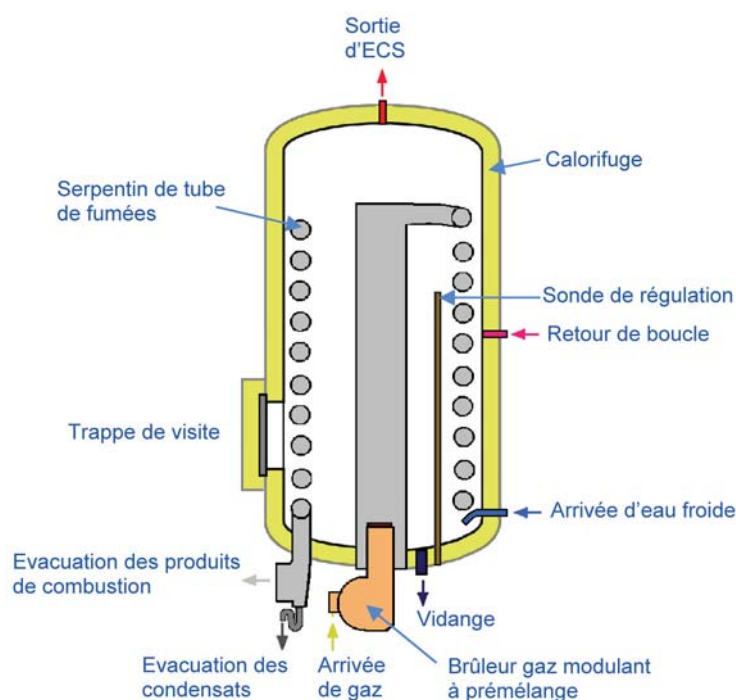
Il existe également des modèles de plus petite puissance et capacité destinés à l'habitat individuel mais ceux-ci ne sont généralement pas à condensation.

Certains modèles sont conçus spécifiquement, notamment en termes de régulation, pour être associés à une installation solaire. La configuration à privilégier pour profiter au maximum de l'énergie solaire est un accumulateur assurant un appoint séparé du ballon solaire. Si l'espace disponible est restreint, des modèles avec un échangeur solaire en partie basse de l'accumulateur et un brûleur en partie supérieure peuvent être utilisés.

D'autres modèles sont conçus pour assurer en plus de l'ECS, le chauffage via un échangeur externe. Ils sont destinés aux bâtiments ayant de très faibles besoins de chauffage comparativement à ceux d'ECS.

Au niveau de l'évacuation des produits de combustion, différentes solutions sont offertes. Ils peuvent être raccordés à un conduit de fumée traditionnel (B23). Ils peuvent être également à circuit de combustion étanche à terminal horizontal (C13), vertical (C33), raccordé sur un conduit collectif 3 CE (C43) ou sur des conduits dissociés (C53).

Accumulateur gaz à condensation



▲ Figure 74 : Vue en coupe d'un accumulateur gaz à condensation. Les produits de combustion circulent dans des serpentins enroulés autour du foyer. Ils sortent en partie basse de l'appareil au niveau de l'arrivée d'eau froide de manière à être refroidis le plus possible.

La norme NF EN 89 à respecter pour le marquage CE impose des valeurs minimales de rendement sur une période de réchauffage de 88% sur PCS pour les accumulateurs gaz à condensation. Elle spécifie également des valeurs maximales de consommation d'entretien. Le marquage CE, obligatoire pour tous les accumulateurs gaz vendus sur le marché européen, repose sur une procédure d'auto-déclaration.

Les systèmes de production d'ECS par échangeur avec ou sans stockage associés à une chaufferie ou à un réseau de chaleur

Différents systèmes destinés à des bâtiments d'habitation collectifs et tertiaires permettent d'assurer la production d'ECS dans le cas d'une chaufferie ou d'un réseau de chaleur :

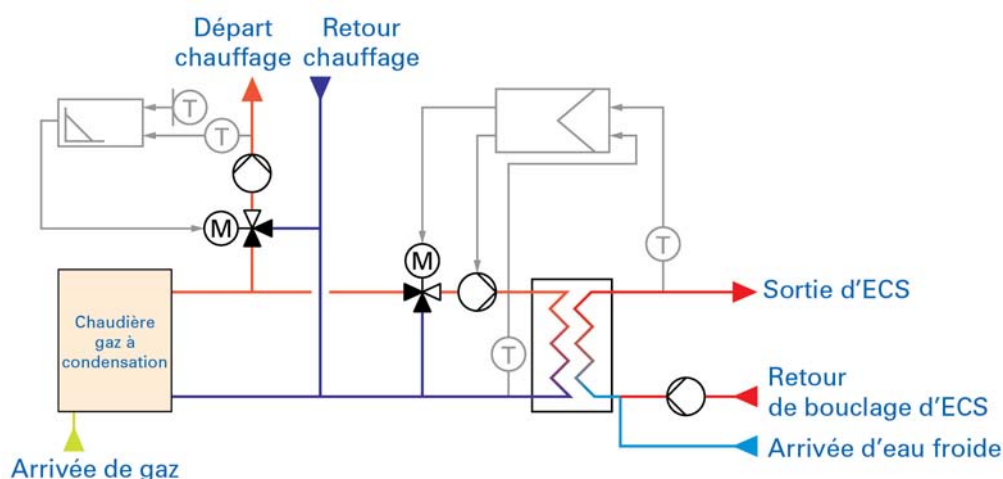
- les systèmes de production instantanée par échangeur ;
- les systèmes de production semi-instantanée ou semi-accumulée par échangeur et ballon tampon ou par ballon échangeur ;
- les systèmes de production avec un stockage primaire.

Le principal atout des **systèmes de production instantanée par échangeur** est l'absence de stockage d'ECS et des risques sanitaires afférents. Par contre la puissance élevée des échangeurs requise pour assurer les besoins de pointe, entraîne très souvent un surdimensionnement des générateurs de chaleur. Cette puissance est rarement appelée d'où de très faibles taux de charge du générateur de chaleur, particulièrement en été, préjudiciables en termes de performance et de pérennité.

Ce sont le plus souvent des échangeurs à plaques qui sont utilisés compte tenu de leur rapidité de montée en température et de leur compacité. Les systèmes instantanés les plus performants comportent des échangeurs à plaques à haute efficacité avec de plus grandes surfaces d'échanges et des circulateurs à vitesse variable. La température d'entrée, en plus du débit primaire de l'échangeur, est modulée en fonction des besoins. Cela permet d'obtenir des températures de retour les plus faibles possibles et d'avoir ainsi lors des soutirages importants de meilleurs rendements des générateurs de chaleur en particulier dans le cas de chaudières à condensation. Lors des périodes de faibles soutirages, le retour de bouclage à plus de 50°C limite l'abaissement des températures de retour vers le générateur. Avoir des températures dans l'échangeur les plus faibles possibles concoure également à réduire son entartrage.

Pour limiter les risques de circulation insuffisante dans les retours de boucle voire d'arrêt lors de forts soutirages, compte tenu des pertes de charges élevées des échangeurs, différentes solutions sont possibles [8] : un échangeur dédié au réchauffage de la boucle d'ECS, un raccordement de la boucle différent, un dimensionnement de la boucle qui tient compte des débits de pointe...

Systeme collectif de production instantanée par échangeur



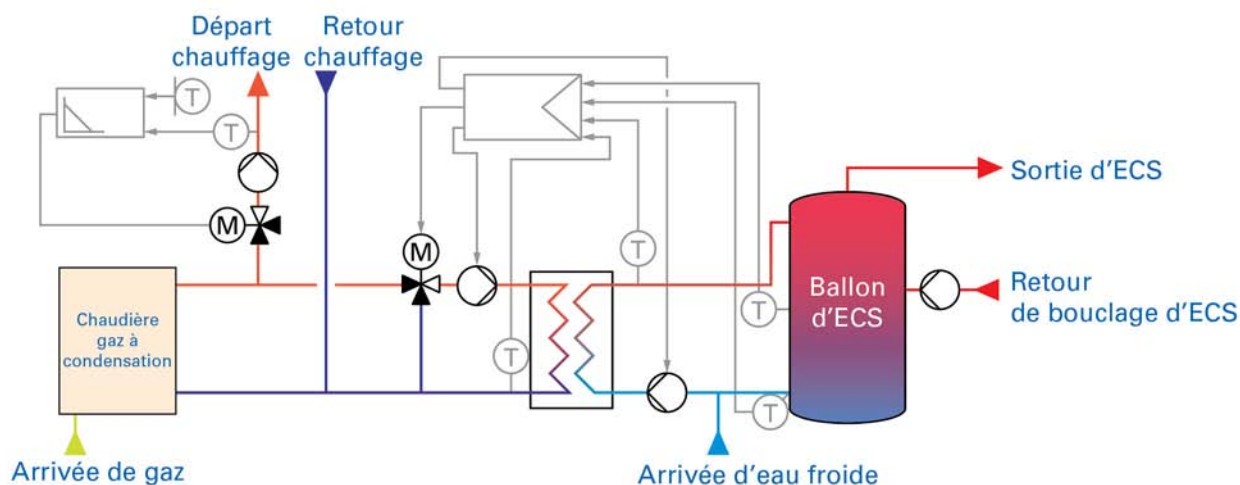
▲ Figure 75 : Schéma de principe d'une production instantanée d'ECS par échangeur équipée d'un circulateur primaire à vitesse variable. Au niveau de la régulation, ce qui est modulé ce sont à la fois la température d'entrée et le débit primaire de l'échangeur. La rapidité de la variation des débits de soutirage requière l'usage de moteur de vanne à déplacement rapide et le recours à une régulation de type proportionnel-intégral-dérivé (PID) ainsi qu'une irrigation permanente de la sonde en sortie d'échangeur.

Le principal atout des **systèmes de production semi-instantanée ou semi-accumulée par échangeur et ballon tampon** est de requérir des puissances pour l'ECS plus faibles qu'un système instantané. Les ballons permettent de répondre aux pointes de consommation. Ils procurent également une meilleure stabilité de la température de production d'ECS.

Les capacités des ballons tampons (désignés également sous le terme de ballon de stockage) associés aux échangeurs, généralement à plaques, vont de 300 à 3000 l. Pour permettre la recharge des ballons, il est nécessaire de veiller à ce que le débit du circulateur de charge des ballons soit supérieur au débit de bouclage [8].

Le recours à des échangeurs à haute efficacité et à des circulateurs à vitesse variable permet d'optimiser les consommations. Comme indiqué dans le cas d'une production instantanée, cela conduit à des températures de retour plus faibles. Ne pas maintenir en permanence les circulateurs primaires et secondaires en fonctionnement permet également d'avoir au niveau du générateur des taux de charge en moyenne plus élevés et des températures moyennes plus faibles d'où de meilleures performances, en particulier dans le cas de chaudières à condensation.

Système collectif de production par échangeur et ballon tampon



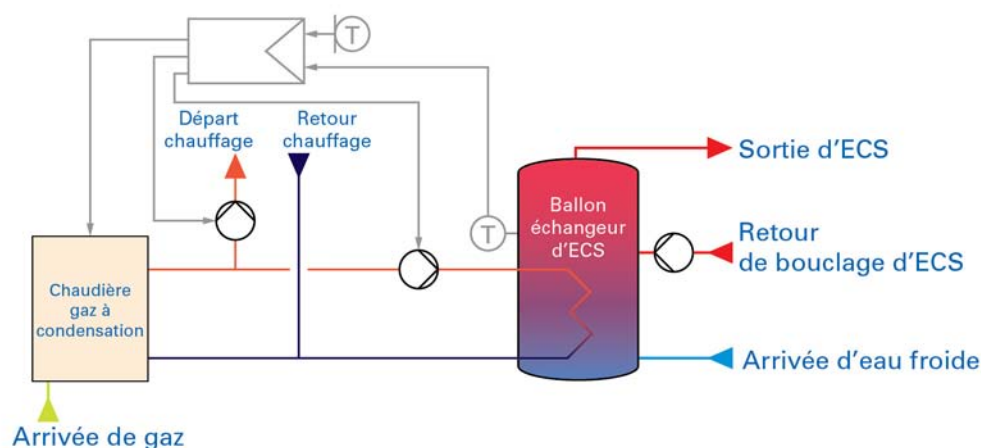
▲ Figure 76 : Schéma de principe d'une production semi-instantanée ou semi-accumulée d'ECS par échangeur et ballon tampon.

Le principal atout des **systèmes de production semi-instantanée ou semi-accumulée par ballon échangeur** est de conduire à des générateurs de chaleur moins puissants fonctionnant dans des conditions plus optimales qu'avec un système de production instantanée. Les taux de charge sont en moyenne plus élevés.

Ces ballons comportent un échangeur à serpentin immergé ou plus rarement à double-enveloppe (pour les petites capacités) ou tubulaire. Un échangeur placé le plus bas possible permet d'optimiser la capacité utile de stockage, le volume non réchauffé en dessous de l'échangeur étant ainsi minimal. Une pompe d'homogénéisation peut être également utilisée de manière à réchauffer l'intégralité du stockage et limiter les risques de développement bactérien.

La capacité des ballons échangeur varie de 150 à 1000 l, voire plus, selon les modèles. Leur puissance est importante en regard de leur volume si bien que les temps de réchauffage sont relativement rapides, généralement inférieurs à 1 heure. Le temps de reconstitution du stockage à 60°C indiqué, par exemple, pour un ballon de 500 l avec un long échangeur à serpentin, d'une puissance de 63 kW à 70°C, est d'environ 30 minutes. Cela permet de réaliser une recharge du ballon prioritairement par rapport au chauffage, sans impacter sur le confort thermique des occupants. Lorsque la température dans le stockage descend en dessous d'une valeur fixée, la pompe de charge du ballon est enclenchée et le chauffage est généralement arrêté. En dehors des périodes de réchauffage de l'ECS, les générateurs peuvent ainsi fonctionner à des températures plus basses pour assurer le chauffage, d'où de meilleurs rendements qu'avec une production instantanée, en particulier dans le cas de chaudières à condensation. Une production instantanée requiert un fonctionnement du générateur à une température élevée pour assurer la production d'ECS tout au long de la journée.

Système collectif de production par ballon échangeur



▲ Figure 77 : Schéma de principe d'une production collective d'ECS par ballon échangeur.

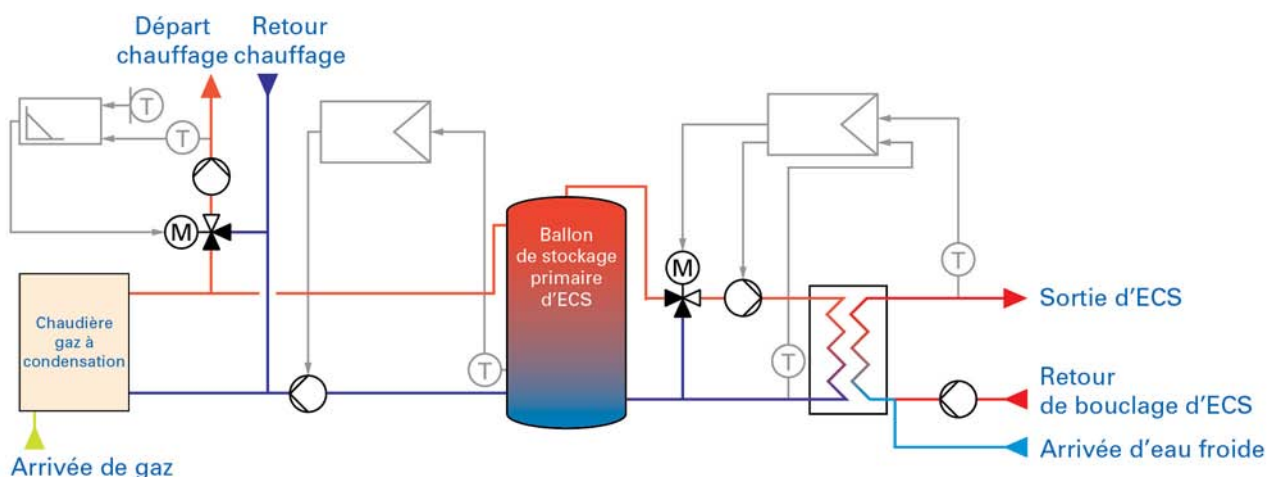
Le principal atout des **systèmes de production avec un stockage primaire** est l'absence de ballon d'ECS et des risques sanitaires afférents. Ces systèmes assurent une production d'ECS instantanée soit par un échangeur à serpentin immergé dans le volume de stockage d'eau primaire soit par un échangeur à plaques externe.

Dans la première configuration avec un échangeur immergé, les capacités des ballons varient, selon les modèles, de 300 à 3000 l et les puissances de 25 à 350 kW environ. Ces systèmes permettent, par rapport à une solution de production instantanée, de limiter le fonctionnement des générateurs de chaleur à de très faibles taux de charge pour couvrir de faibles besoins d'ECS.

Dans la deuxième configuration avec un échangeur à plaques externe, les choix offerts en termes de puissance d'échangeur et de capacité de ballon sont beaucoup plus variés. Les gammes de puissance d'échangeur varient d'environ 10 à 450 kW et les capacités des ballons de stockage primaire de 300 à 3000 l. Cette configuration permet de limiter la puissance des générateurs requise par rapport à une solution instantanée sans stockage. Les pointes de consommation d'ECS sont satisfaites à la fois par le générateur et par le ballon.

Arrêter le circulateur de charge du ballon de stockage primaire lorsque le ballon permet à lui seul de couvrir les besoins, conduit au niveau du générateur à des taux de charges plus élevés et des températures moyennes plus faibles, d'où de meilleures performances, en particulier dans le cas de chaudières à condensation. L'utilisation d'échangeur à plaques à haute efficacité et de circulateur à vitesse variable permet également d'optimiser les consommations.

Systeme collectif de production avec un stockage primaire



▲ Figure 78 : Schéma de principe d'un système de production collective d'ECS avec un stockage primaire.

Les modules thermiques d'appartement

Les modules thermiques (appelés également stations d'appartement) sont destinés essentiellement à l'habitat collectif. Ils permettent de bénéficier à la fois d'une source de chaleur collective (sous-station, chaufferie), d'une production individuelle d'ECS et d'un chauffage régulé individuellement. Les charges de chauffage et d'ECS peuvent ainsi être individualisées grâce à des comptages d'énergie au niveau de chaque module. Le coût d'une telle installation est généralement moins élevé que celui d'une installation collective de chauffage et d'ECS. Seulement trois colonnes sont nécessaires pour desservir un appartement : une colonne d'eau chaude primaire aller, une autre retour et une colonne d'eau froide. La boucle d'ECS et ses risques sanitaires afférents sont supprimés.

Les modules se différencient par leur régulation, leur mode de production d'ECS, leur puissance en chauffage et en ECS et le type d'émetteurs raccordables (émetteurs basse, moyenne ou haute température). Ils sont conçus pour être installés dans le logement ou dans une gaine technique à proximité. La distance entre le module et les points de puisage de l'appartement doit être limitée pour réduire les pertes thermiques de la distribution individuelle d'ECS. Au-delà de 3 mètres entre le module et le point de puisage le plus éloigné, un dispositif de maintien en température de la distribution d'ECS est obligatoire (cf. 3.2.2.).

Les modules thermiques d'appartement assurent le plus souvent une production d'ECS instantanée ou micro-accumulée à partir d'un échangeur à plaques. Dans le cas d'une production micro-accumulée, un débit circule en permanence dans le circuit primaire des échangeurs de manière à les maintenir à une température généralement d'au moins 55°C. Cette solution par rapport à une production instantanée procure un plus grand confort mais est moins optimale sur un

plan énergétique. Elle permet de disposer d'ECS plus rapidement mais conduit à des pertes thermiques plus élevées.

La puissance nominale des échangeurs peut varier selon les modèles d'environ 25 à 55 kW, soit un débit maximal d'ECS à 45°C d'environ 12 à 22 l/min. Le plus couramment, elle est de l'ordre de 35 kW.

Au niveau de la régulation de la production d'ECS, ce qui est modulé c'est le débit primaire des échangeurs. Selon les modules, il peut être régulé par une vanne deux voies commandée par un moteur électrique ou bien par un organe spécifique actionné uniquement mécaniquement ne consommant pas d'énergie électrique.

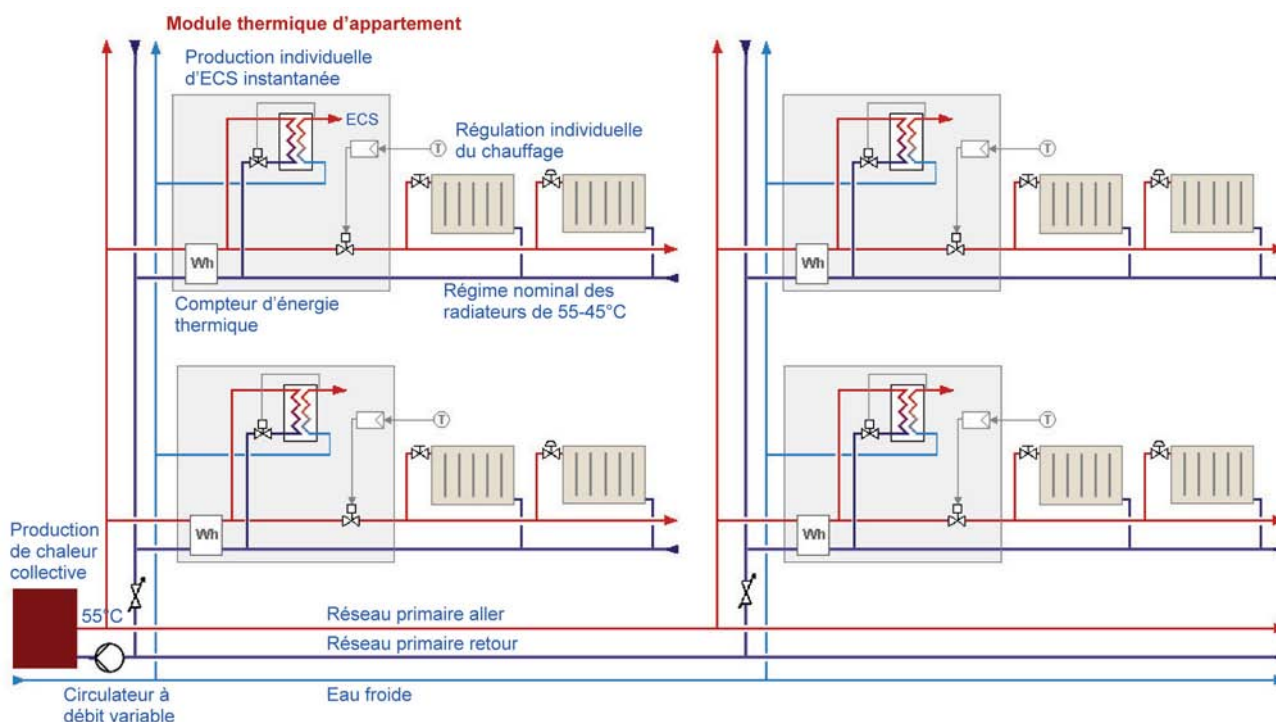
La température de départ du réseau primaire est maintenue à au moins 55°C pour une température de production d'ECS de 45°C minimum. Elle est en général constante ou peut varier en fonction d'une loi d'eau de 55°C minimum à 80°C, dans le cas d'émetteurs à haute température en rénovation.

Le recours à des émetteurs à basse température en chauffage et à des échangeurs à haute efficacité pour la production d'ECS permet d'avoir des températures de retour les plus faibles possibles. Cela conduit à des pertes de distribution moins élevées et à de meilleurs rendements de génération dans le cas en particulier de chaudières à condensation.

Les possibilités de comptage varient selon les modules. Des manchettes peuvent être prévues pour la pose d'un seul compteur d'énergie thermique pour à la fois le chauffage et l'ECS ou bien de deux compteurs, un sur l'ECS et un sur le chauffage, voire éventuellement pour un comptage d'eau froide.

A noter également, l'existence de modules thermiques d'appartement assurant la production d'ECS à partir de ballons échangeurs. Les ballons d'environ une centaine de litres placés à l'intérieur des logements sont raccordés à des collecteurs communs à plusieurs appartements, situés en gaine technique, réalisant un découplage hydraulique de chaque logement. La température de départ du réseau primaire est portée une à deux fois par jour pendant une heure entre 70 et 90°C pour recharger les ballons d'ECS. Le reste du temps, elle varie selon une loi d'eau pour assurer le chauffage des logements.

Installation avec des modules thermiques d'appartement



▲ **Figure 79** : Schéma de principe d'une installation avec des modules d'appartement assurant une production individuelle d'ECS instantanée par des échangeurs plaques. Les débits primaires varient en fonction des besoins, la température de départ du réseau étant maintenue à 55°C. En l'absence de besoins, un débit minimal est assuré au niveau de chaque colonne de manière à limiter les temps d'attente pour la production d'ECS. La présence d'un volume tampon au niveau du système de génération permet de réduire la puissance totale installée et d'optimiser les temps de fonctionnement du générateur. Tous les organes hydrauliques et de régulation des modules ne sont pas représentés sur ce schéma.

Les NF DTU et les Recommandations professionnelles

5



5.1. • Les NF DTU sur les installations de plomberie sanitaire

5.1.1. • Le NF DTU 60.1

Le NF DTU 60.1 paru en décembre 2012 porte sur les travaux de bâtiment de plomberie sanitaire. Quatre parties de ce NF DTU décrites brièvement dans le tableau (Figure 80) concernent les installations d'ECS. La limitation des risques de corrosion et d'entartrage est prise en compte à travers différentes exigences listées (Figure 81). L'utilisation d'acier galvanisé bien que toujours autorisée par le NF DTU 60.1 n'apparaît pas comme le matériau le mieux adapté pour la distribution d'ECS compte tenu des problèmes de corrosion rencontrés avec ce matériau. 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 toutefois les produits bénéficiant d'une attestation de certification prouvant le respect d'un niveau de performance correspondant à celui exigé par les normes.

Les différentes parties du NF DTU 60.1 : Plomberie sanitaire pour bâtiment			
P1-1-1 : Réseaux d'alimentation d'eau froide et chaude sanitaire – CCTT(*)	P1-1-3 : Appareils sanitaires et appareils de production d'ECS – CCTT(*)	P1-2 : Critères généraux de choix des matériaux	P2 : Cahier des clauses administratives spéciales types
Spécifications sur : - la conception ; - la mise en œuvre ; - la mise en service de la distribution d'eau froide et d'ECS. Procédure de désinfection avant mise en service en annexe.	Spécifications sur : - l'implantation des appareils de production d'ECS individuels ; - le montage des chauffe-eau muraux ; - les dispositifs de sécurité des appareils de production.	Liste des normes auxquelles les produits doivent être conformes. Les matériaux de distribution d'ECS listés, considérés donc comme traditionnels, sont : - l'acier galvanisé ; - le cuivre ; - l'acier inoxydable. Les matériaux de synthèse, non cités, relèvent de la procédure d'Avis Technique	Les clauses applicables contractuellement à des marchés de travaux de plomberie sur : - la consistance des travaux ; - la coordination avec les autres entreprises et intervenants ; - la vérification des travaux.

(*) CCTT : Cahier des clauses techniques types

▲ Figure 80 : Les principaux éléments du NF DTU 60.1 concernant les installations d'ECS.

La limitation des risques de corrosion et d'entartrage : les spécifications du NF DTU 60.1	
Choix des matériaux	- normes auxquelles les produits doivent être conformes ; - température $\leq 60^{\circ}\text{C}$ dans les tubes en acier galvanisé.
Comptabilité entre les matériaux	- pas d'éléments en cuivre ou alliage cuivreux en amont de canalisations en acier galvanisé ; - liaison directe tube cuivre – tube acier inoxydable autorisée ; - raccords diélectriques à placer sur les tubulures de raccordement d'eau froide et d'ECS des chauffe-eau individuels à accumulation dans le cas de canalisations métalliques ainsi que sur les appareils de production d'ECS collectifs
Traitement de l'eau	- traitement de l'eau contre la corrosion et/ou l'entartrage si nécessaire en fonction des matériaux et de la qualité de l'eau ; - traitement de lutte contre la corrosion imposé dans le cas de canalisation en acier galvanisé si eau très douce, acide ou fortement chargée en ions agressifs ; - résultats d'analyses d'eau potable du réseau de distribution publique à inclure dans le dossier de consultation (exigence non obligatoire).
Équipement limitant l'entartrage	si nécessaire en fonction de la qualité de l'eau (pH, TAC, TH, température) et du mode de production d'ECS.
Désinfection	produits de désinfection compatibles avec tous les matériaux de l'installation.
Purges d'air sur le réseau de bouclage d'ECS	purgeurs d'air ou séparateurs d'air automatiques aux points hauts des colonnes montantes et des coudes, au niveau des contre-pentes, sur les retours de boucle et en sortie des préparateurs d'ECS.
Vitesses de circulation d'eau	entre 0,2 et 0,5 m/s dans les retours de boucle d'ECS (NF DTU 60.11 P1-2).
Fourreaux en plancher	dépassement d'au moins 3 cm au-dessus du sol fini des fourreaux.
Pour la mise en service	installation conçue de telle sorte que les canalisations puissent être vidangées, rincées et désinfectées.



La limitation des risques de corrosion et d'entartrage : les spécifications du NF DTU 60.1

Pour le contrôle	• vannes de prise d'eau en amont et aval du dispositif de traitement d'eau ainsi que sur le retour de boucle ; • tubes témoins si canalisations en acier galvanisé, près de l'entrée de l'installation, en aval des appareils de traitement et sur le retour du bouclage.
-------------------------	--

▲ **Figure 81** : Les principales spécifications du NF DTU 60.1 sur la limitation des risques de corrosion et d'entartrage.

5.1.2. • Le NF DTU 60.11

Le NF DTU 60.11 paru en août 2013 porte sur les règles de calcul des installations de plomberie sanitaire.

La partie 1-1 du NF DTU 60.11 expose les règles de dimensionnement des réseaux d'alimentation d'eau froide et d'eau chaude sanitaire. Ce document propose deux méthodes de dimensionnement, l'une générale similaire à la méthode de l'ancien DTU 60.11, l'autre simplifiée basée sur la norme NF EN 806-3.

La partie 1-2 du NF DTU 60.11 est une nouvelle partie qui traite de la conception et du dimensionnement des réseaux bouclés. Ses principales exigences sont récapitulées (Figure 82).

Les exigences sur le bouclage d'ECS spécifiées dans le NF DTU 60.11

Températures d'ECS	• ≥ 50 °C en tout point du système de distribution.
Vitesses de circulation	• $\geq 0,20$ m/s dans les retours de boucle pour limiter les risques de développement du biofilm et l'accumulation de dépôts et $\leq 0,5$ m/s.
Diamètres minimaux	• en acier galvanisé : DN 15 – 16,7/21,3 ; • en cuivre : 14 x 1 ; • en PVC-C : DN 16 – 12,4/16 ; • en PEX ou PB : DN 16 – 16 x 1,5 ; • pour les autres matériaux : un diamètre intérieur minimal de 12 mm pour limiter le risque d'obstruction par entartrage.
Longueur des antennes	• antenne piquée sur la boucle desservant plusieurs points de puisage ne dépassant pas 8 mètres.
Nombre de boucle	• une boucle propre pour chaque point de puisage ou pour un faible nombre de point de puisage est proscrit.
Ouverture minimale des organes d'équilibrage	• ouverture d'au moins 1 mm des organes d'équilibrage placés sur chaque boucle et le collecteur général pour éviter des imprécisions de réglage et des risques de colmatage.
Dispositifs de contrôle (NF DTU 60.1 P1-1-1)	• un dispositif permettant de contrôler les températures sur le départ et le retour d'eau chaude ainsi qu'au niveau des boucles les plus défavorisées ; • un dispositif permettant de contrôler le débit en retour de boucle (vanne de réglage à mesure de débit, détecteur de débit...).
Rapport d'équilibrage (NF DTU 60.1 P1-1-1)	• un rapport doit être établi indiquant la date d'équilibrage, les références et types de vanne, les positions de réglage (si vannes manuelles), les Δp obtenus, les débits calculés et les débits mesurés (si vannes manuelles).

▲ **Figure 82** : Les principales règles sur la conception et le dimensionnement du bouclage spécifiées par le NF DTU 60.11.

5.2. • *Les Recommandations professionnelles*

Plusieurs systèmes assurant une production d'ECS font l'objet de Recommandations établies dans le cadre du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » :

- les chauffe-eau solaires en habitat individuel ;
- les chauffe-eau thermodynamiques en habitat individuel ;
- les pompes à chaleur double-service en habitat individuel ;
- les systèmes solaires combinés en habitat individuel ;
- les appareils de chauffage divisé à bûches en habitat individuel ;
- les appareils de chauffage divisé à granulés en habitat individuel ;
- les chaudières à micro-cogénération à moteur Stirling fonctionnant au gaz naturel en habitat individuel ;
- la production d'eau chaude sanitaire collective centralisée solaire ;
- la production d'eau chaude sanitaire solaire collective individualisée ;
- les pompes à chaleur à absorption au gaz naturel.

Ces recommandations professionnelles se composent de 5 fascicules qui abordent respectivement, pour le neuf et la rénovation de l'existant :

- la conception et le dimensionnement ;
- l'installation et la mise en service ;
- l'entretien et la maintenance.

Ces documents techniques de référence exposent les bonnes pratiques ainsi que les points de vigilance à respecter pour chacun de ces systèmes.

6

Références



6.1. • *Références réglementaires*

- Arrêté du 21 mars 1968 modifié fixant les règles techniques et de sécurité applicables au stockage et à l'utilisation de produits pétroliers dans les lieux non visés par la législation des établissements dangereux, insalubres ou incommodes et la réglementation des établissements recevant du public
- Décret n°75-496 du 19 juin 1975 relatif à la répartition des frais d'eau chaude dans les immeubles collectifs.
- Arrêté du 25 août 1976 relatif à la répartition des frais d'eau chaude dans les immeubles collectifs.
- Arrêté du 2 août 1977 modifié relatif aux règles techniques et de sécurité applicables aux installations de gaz combustible et d'hydrocarbures liquéfiés situées à l'intérieur des bâtiments d'habitation ou de leurs dépendances.
- Arrêté du 23 juin 1978 modifié relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation et de bureaux ou recevant du public.
- Circulaire du 9 août 1978 modifiée relative à la révision du Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT).
- 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.

- Arrêtés du 30 juin 1999 relatifs aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation et aux modalités d'application de la réglementation acoustique.
- 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^{er} 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.
- Circulaire DGS/SD 7 A n° 2002-571 du 25 novembre 2002 relative aux modalités de vérification de la conformité sanitaire des matériaux constitutifs d'accessoires ou de sous-ensembles d'accessoires, constitués d'éléments organiques entrant au contact d'eau destinée à la consommation humaine.
- Décret n°2003-408 du 28 avril 2003 pris en application de l'article 93 de la loi n° 2000-1208 du 13 décembre 2000 et relatif à l'individualisation des contrats de fourniture d'eau.
- Circulaire UHC/QC 4/3 n°2004-3 du 12 janvier 2004 relative à l'individualisation des contrats de fourniture d'eau.
- Décret n° 2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique.
- 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/DGEDPPR /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.
- Décret n°2007-796 du 10 mai 2007 relatif au comptage de la fourniture d'eau froide dans les immeubles à usage principal d'habitation et modifiant le code de la construction et de l'habitation.





- Arrêté du 18 décembre 2007 relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs et parties nouvelles de bâtiments et pour les rénovations de certains bâtiments existants en France métropolitaine.
- 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.
- Arrêté du 1^{er} 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^{er} février 2010 relatif à la surveillance des légionelles dans les installations de production, de stockage et de distribution d'eau chaude sanitaire.
- 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.
- Règlement délégué (UE) n°811/2013 de la Commission du 18 février 2013 complétant la directive 2010/30/UE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne l'étiquetage énergétique des dispositifs de chauffage des locaux, des dispositifs de chauffage mixtes, des produits combinés constitués d'un dispositif de chauffage des locaux, d'un régulateur de température et d'un dispositif solaire et des produits combinés constitués d'un dispositif de chauffage mixte, d'un régulateur de température et d'un dispositif solaire.
- Règlement délégué (UE) n°812/2013 de la Commission du 18 février 2013 complétant la directive 2010/30/UE du Parlement

européen et du Conseil en ce qui concerne l'étiquetage énergétique des chauffe-eau, des ballons d'eau chaude et des produits combinés constitués d'un chauffe-eau et d'un dispositif solaire.

- Règlement (UE) n°813/2013 de la Commission du 2 août 2013 portant application de la directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences d'écoconception applicables aux dispositifs de chauffage des locaux et aux dispositifs de chauffage mixtes.
- Règlement (UE) n°814/2013 de la Commission du 2 août 2013 portant application de la directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences d'écoconception applicables aux chauffe-eau et aux ballons d'eau chaude.
- Articles R. 1334-30 à 1334-37 du Code de la Santé publique sur la lutte contre le bruit.
- Articles L. 1321-1 à L. 1321-8 et R 1321-1 à R. 1321-63 du Code de la Santé publique sur la sécurité sanitaire des eaux potables.

6.2. • *Références normatives*

- NF C 14-100, Conception, réalisation des installations électriques alimentées sous une tension au plus égale à 1000 V en courant alternatif comprises entre le point de raccordement au réseau et le point de livraison.
- NF C 15-100, Conception, réalisation, vérification et entretien des installations électriques alimentées sous une tension au plus égale à 1000 volts (valeur efficace) en courant alternatif et à 1500 volts en courant continu.
- NF DTU 24.1, Travaux de bâtiment – Travaux de fumisterie – Systèmes d'évacuation des produits de combustion desservant un ou des appareils.
- NF DTU 45.2, Travaux d'isolation – Isolation thermique des circuits, appareils et accessoires de – 80°C à + 650°C.
- NF DTU 60.1, Travaux de bâtiment – Plomberie sanitaire pour bâtiments.
- NF DTU 60.5 P1-1, Canalisations en cuivre – Distribution d'eau froide et chaude sanitaire, évacuation d'eaux usées, d'eaux pluviales.
- NF DTU 60.11, Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et d'eaux pluviales.
- NF DTU 61.1 P1, Travaux de bâtiment – Installations de gaz dans les locaux d'habitation.



- DTU 65.4, Prescriptions techniques relatives aux chaufferies aux gaz et aux hydrocarbures liquéfiés.
- DTU 65.10, Canalisations d'eau chaude ou froide sous pression et canalisations d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales à l'intérieur des bâtiments – Règles générales de mise en œuvre.
- NF EN 89, Appareils de production d'eau chaude par accumulation pour usages sanitaires utilisant les combustibles gazeux.
- 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 1487, Robinetterie de bâtiment – Groupes de sécurité – Essais et prescription.
- 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.
- NF EN 12828, Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Conception des systèmes de chauffage à eau.
- NF EN 12977-3, Installations solaires thermiques et leurs composants – Installations assemblées à façon – Partie 3 : méthodes d'essai des performances des dispositifs de stockage des installations de chauffage solaire de l'eau.
- NF EN ISO 15874, Systèmes de canalisations en plastique pour les installations d'eau chaude et froide. Polypropylène (PP).
- NF EN ISO 15875, Systèmes de canalisations en plastique pour les installations d'eau chaude et froide. Polyéthylène réticulé (PE-X).
- NF EN ISO 15876, Systèmes de canalisations en plastique pour les installations d'eau chaude et froide. Polybutène (PB).
- NF EN ISO 21003, Systèmes de canalisations multicouches pour installations d'eau chaude et froide à l'intérieur des bâtiments.
- NF EN 60379, Méthodes de mesure de l'aptitude à la fonction des chauffe-eau électriques à accumulation pour usages domestiques.

6.3. • *Recommandations professionnelles et guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »*

- Recommandations professionnelles : Chauffe-eau solaires en habitat individuel

- Recommandations professionnelles : Chauffe-eau thermodynamiques en habitat individuel
- Recommandations professionnelles : Pompes à chaleur double-service en habitat individuel
- Recommandations professionnelles : Systèmes solaires combinés en habitat individuel
- Recommandations professionnelles : Appareils de chauffage divisé à bûches en habitat individuel
- Recommandations professionnelles : Appareils de chauffage divisé à granulés en habitat individuel
- Recommandations professionnelles : Chaudières à micro-cogénération à moteur Stirling fonctionnant au gaz naturel en habitat individuel
- Recommandations professionnelles : Production d'eau chaude sanitaire collective centralisée solaire
- Recommandations professionnelles : Production d'eau chaude sanitaire solaire collective individualisée
- Recommandations professionnelles : Pompes à chaleur à absorption au gaz naturel
- Guide : Chaudières hybrides ou pompes à chaleur hybrides
- Guide : Chaufferies bois

Ces documents sont téléchargeables sur www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr.

6.4. • *Autres documents*

- [1] Production d'eau chaude sanitaire individuelle – Performance des appareils double-service – Rapport « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » – Octobre 2013 (téléchargeable sur www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr).
- [2] Audits et télésuivis de 20 chauffe-eau thermodynamiques en maison individuelle – Rapport « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » – 2014 (téléchargeable sur www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr).
- [3] Chauffe-eau solaires collectifs avec stockage en eau morte – Conception et dimensionnement – Rapport « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » – 2014 (téléchargeable sur www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr).
- [4] ADEME, CSTB, Ministère de l'égalité des territoires et du logement, Ministère de l'écologie, du développement durable

et de l'énergie – Fiche d'application : Systèmes de mesure ou d'estimation des consommations en logement – Règlementation Thermique des Bâtiments Neufs – 30 mai 2013 (téléchargeable sur www.rt-batiment.fr).

- [5] Instruction technique pour la réalisation et l'installation des dispositifs de traitement thermique de l'eau potable – Cahier du CSTB n°1815 – Décembre 1982.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Guide technique – Maîtrise du risque de développement des légionelles dans les réseaux d'eau chaude sanitaire – Défaillances et préconisations – CSTB Editions – Janvier 2012 (téléchargeable sur www.sante.gouv.fr).
- [9] Gestion du risque lié aux légionelles – Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France – Novembre 2001 (téléchargeable sur www.sante.gouv.fr).
- [10] Ministère de la Santé – Guide technique de l'eau dans les établissements de santé – juillet 2005 (téléchargeable sur www.sante.gouv.fr).
- [11] Docteur Fabien Squinazi – Biofilm et matériaux des réseaux intérieurs de distribution d'eau – édition 2013 (téléchargeable sur www.cclin-arlin.fr).
- [12] Recommandation AICVF 02-2004 – Eau Chaude Sanitaire – Edition AICVF – 2004.
- [13] COSTIC-GrDF – Rénovation des conduits de fumée : installation de chaudières individuelles à condensation gaz naturel – COSTIC – Edition 2013.
- [14] COSTIC – Bruit des équipements – collection des guides de l'AICVF – PYC Edition – 1997.
- [15] COSTIC – Chaufferies : Aide-mémoire – collection Climapoché – 2008.
- [16] BESCOB, CERTOP-CNRS, BVA, COSTIC – L'optimisation des pratiques sociales en matière d'eau chaude sanitaire, un enjeu pour les politiques publiques de MDE – Synthèse étude ADEME – Janvier 2014.
- [17] ENERTECH – Bâtiments de logements HQE® économes en énergie et en eau – programme ReStart – Evaluation des performances – Suivi lourd – Rapport – mars 2004 (téléchargeable sur www.enertech.fr).

- [18] R. Cadiergues – Calcul pratique des pertes de chaleur des tubes et des réservoirs nus ou calorifugés – Promoclim E – tome 16, n°7 – Décembre 1985.
- [19] F.Batard, R. Bourgin (COSTIC) – Pertes de chaleur par les vannes : des résultats de mesures – Promoclim n°4 – 1993.
- [20] COSTIC – Economie d'eau et d'énergie avec les mitigeurs thermostatiques – Chaud Froid Plomberie n°635 – Mai 2001.
- [21] Carole Buscarlet et Dominique Caccavelli (CSTB) – Les performances mesurées des chauffe-eau solaires en usage réel – Chaud Froid Plomberie n°695 – Novembre 2006.
- [22] C. François (CSTB) et B. Ziegler (EdF) – Besoins en eau chaude sanitaire et évolutions – Cahier du CSTB n° 3134 – juin 1999.
- [23] Confort et eau chaude sanitaire : les souhaits des usagers – Cegibat Relations – Mars 1992.
- [24] Légionelles : État des lieux – Revue du CSTB – Mai 2001.
- [25] Production d'eau chaude innovante pour un hôtel HQE – JDC – janvier-février 2012.
- [26] Profluid – Guide de la robinetterie bâtiment sanitaire – mars 2014 (téléchargeable sur www.profluid.org).

Annexe

7



[ANNEXE 1] COEFFICIENTS DE PERTES THERMIQUES DES CANALISATIONS CALORIFUGÉES

ANNEXE 1 : COEFFICIENTS DE PERTES THERMIQUES DES CANALISATIONS CALORIFUGÉES

Les valeurs de coefficients de pertes indiqués ci-après ont été déterminées à partir des formules de calcul de pertes thermiques des canalisations [18] en supposant en particulier une émissivité de 0,1 dans le cas d'une mousse phénolique revêtue d'aluminium et de 0,9 pour le caoutchouc mousse synthétique et la laine minérale ainsi qu'un écart entre la température d'eau et l'ambiance de 37 K. Les valeurs de coefficient d'échange superficiel externe entre l'isolant et l'ambiance (h_e) déterminées sont comprises entre 3,5 et 10,5 W/m².K, les plus faibles valeurs étant obtenues pour la mousse phénolique revêtue d'aluminium. Dans le NF DTU 60.11, la valeur de h_e par défaut est de 10 W/m².K et dans la norme NF EN 12828, la valeur considérée est de 9 W/m².K. Une valeur de h_e plus petite conduit à une épaisseur d'isolant plus faible pour une classe d'isolation donnée.

Tubes en PVC-C

PVC-C - série 4	Coefficient de perte thermique en W/m.K des classes 1 à 6 de la norme NF EN 12828						
	DN10	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50
Diamètre nominal	16	20	25	32	40	50	63
Diamètre extérieur en mm	16	20	25	32	40	50	63
Diamètre intérieur en mm	12.4	15.4	19.4	24.8	31	38.8	48.8
classe 1 ($3.3 \times d + 0.22$)	0.27	0.29	0.30	0.33	0.35	0.39	0.43
classe 2 ($2.6 \times d + 0.2$)	0.24	0.25	0.27	0.28	0.30	0.33	0.36
classe 3 ($2 \times d + 0.18$)	0.21	0.22	0.23	0.24	0.26	0.28	0.31
classe 4 ($1.5 \times d + 0.16$)	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.24	0.25
classe 5 ($1.1 \times d + 0.14$)	0.16	0.16	0.17	0.18	0.18	0.20	0.21
classe 6 ($0.8 \times d + 0.12$)	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	0.16	0.17

▲ Figure 83 : Valeurs du coefficient de perte thermique correspondant aux classes d'isolation 1 à 6 telles que définies dans la norme NF EN 12828. Ces valeurs dépendent uniquement du diamètre extérieur du tube (d exprimé en mètre dans les formules de calcul indiquées).

PVC-C - série 4	Coefficient de perte thermique en W/m.K en fonction des épaisseurs de calorifuge						
	DN10	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50
Diamètre nominal	16	20	25	32	40	50	63
Diamètre extérieur en mm	16	20	25	32	40	50	63
Diamètre intérieur en mm	12.4	15.4	19.4	24.8	31	38.8	48.8
Epaisseurs de mousse phénolique revêtue d'aluminium (conductivité de 0.029 W/m.K)	15 mm	0.14	0.15	0.18	0.20	0.24	0.27
	20 mm	0.12	0.13	0.15	0.18	0.20	0.23
	25 mm	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21
	30 mm	0.10	0.11	0.13	0.15	0.16	0.19
	40 mm	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16
	50 mm	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.15
Epaisseurs de laine minérale (conductivité de 0.038 W/m.K)	20 mm	0.16	0.18	0.21	0.24	0.28	0.32
	25 mm	0.15	0.17	0.19	0.22	0.25	0.28
	30 mm	0.14	0.15	0.17	0.20	0.22	0.26
	40 mm	0.12	0.14	0.15	0.17	0.19	0.22
	50 mm		0.12	0.14	0.15	0.17	0.19
	60 mm			0.14	0.16	0.18	0.20
Epaisseurs de mousse élastomère à base de caoutchouc synthétique (conductivité de 0.04 de 6 à 19 mm et 0.042 W/m.K au-delà)	70 mm				0.15	0.16	0.19
	9 mm	0.24	0.28				
	13 mm	0.21	0.23	0.26	0.30		
	19 mm	0.17	0.20	0.22	0.25	0.29	0.34
	25 mm	0.16	0.18	0.20	0.23	0.26	0.30
	32 mm	0.15	0.16	0.18	0.21	0.24	0.27
	40 mm	0.13	0.15	0.16	0.19	0.21	0.24
	53 mm	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.21
	59 mm			0.14	0.16	0.17	0.20
	64 mm			0.14	0.15	0.17	0.19
	72 mm				0.14	0.16	0.18

▲ Figure 84 : Valeurs du coefficient de perte thermique en fonction du type, de la conductivité, de l'épaisseur de calorifuge et du diamètre du tube. Les couleurs permettent de déterminer la classe d'isolation correspondante telle que définie figure précédente.

Exemple : Pour une canalisation PVC-C DN10, l'épaisseur minimale en mousse phénolique qui permet de satisfaire la classe 6 est de 20 mm. Elle conduit à un coefficient de pertes de 0,12 W/m.K.

Tubes en cuivre

Cuivre	Coefficient de perte thermique en W/m.K des classes 1 à 6 de la norme NF EN 12828							
Diamètre extérieur en mm	14	16	18	22	28	35	42	54
Diamètre intérieur en mm	12	14	16	20	26	33	40	52
classe 1 ($3.3 \times d + 0.22$)	0.27	0.27	0.28	0.29	0.31	0.34	0.36	0.40
classe 2 ($2.6 \times d + 0.2$)	0.24	0.24	0.25	0.26	0.27	0.29	0.31	0.34
classe 3 ($2 \times d + 0.18$)	0.21	0.21	0.22	0.22	0.24	0.25	0.26	0.29
classe 4 ($1.5 \times d + 0.16$)	0.18	0.18	0.19	0.19	0.20	0.21	0.22	0.24
classe 5 ($1.1 \times d + 0.14$)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20
classe 6 ($0.8 \times d + 0.12$)	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	0.16

▲ Figure 85 : Valeurs du coefficient de perte thermique correspondant aux classes d'isolation 1 à 6 telles que définies dans la norme NF EN 12828. Ces valeurs dépendent uniquement du diamètre extérieur du tube (d exprimé en mètre dans les formules de calcul indiquées).

Cuivre	Coefficient de perte thermique en W/m.K en fonction des épaisseurs de calorifuge							
Diamètre extérieur en mm	14	16	18	22	28	35	42	54
Diamètre intérieur en mm	12	14	16	20	26	33	40	52
Epaisseurs de mousse phénolique revêtue d'aluminium (conductivité de 0.029 W/m.K)	15 mm	0.13	0.14	0.15	0.17	0.20	0.23	0.31
	20 mm	0.12	0.12	0.13	0.15	0.17	0.20	0.26
	25 mm	0.11	0.11	0.12	0.13	0.15	0.17	0.20
	30 mm	0.10	0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.21
	40 mm	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.14	0.18
	50 mm	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.16
Epaisseurs de laine minérale (conductivité de 0.038 W/m.K)	20 mm	0.16	0.17	0.18	0.20	0.24	0.27	0.37
	25 mm	0.14	0.15	0.16	0.18	0.21	0.24	0.32
	30 mm	0.13	0.14	0.15	0.17	0.19	0.22	0.29
	40 mm	0.12	0.13	0.13	0.15	0.17	0.19	0.24
	50 mm		0.12	0.12	0.13	0.15	0.17	0.21
	60 mm				0.12	0.14	0.15	0.19
Epaisseurs de mousse élastomère à base de caoutchouc synthétique (conductivité de 0.04 de 6 à 19 mm et 0.042 W/m.K au-delà)	9 mm	0.24	0.26	0.28				
	13 mm	0.20	0.22	0.23	0.26			
	19 mm	0.17	0.18	0.19	0.21	0.25	0.29	0.33
	25 mm	0.16	0.17	0.18	0.20	0.23	0.26	0.30
	32 mm	0.14	0.15	0.16	0.18	0.21	0.23	0.26
	40 mm	0.13	0.14	0.15	0.16	0.18	0.21	0.23
	53 mm	0.12	0.12	0.13	0.14	0.16	0.18	0.20
	59 mm			0.13	0.14	0.15	0.17	0.19
	64 mm			0.12	0.13	0.15	0.16	0.18
	72 mm				0.13	0.14	0.16	0.17

▲ Figure 86 : Valeurs du coefficient de perte thermique en fonction du type, de la conductivité, de l'épaisseur de calorifuge et du diamètre du tube. Les couleurs permettent de déterminer la classe d'isolation correspondante telle que définie figure précédente.

Tubes multicouches

Multicouches	Coefficient de perte thermique en W/m.K des classes 1 à 6 de la norme NF EN 12828							
	16	18	20	26	32	40	50	63
Diamètre extérieur en mm	16	18	20	26	32	40	50	63
Diamètre intérieur en mm	12	14	15	20	26	33	42	51
classe 1 ($3.3 \times d + 0.22$)	0.27	0.28	0.29	0.31	0.33	0.35	0.39	0.43
classe 2 ($2.6 \times d + 0.2$)	0.24	0.25	0.25	0.27	0.28	0.30	0.33	0.36
classe 3 ($2 \times d + 0.18$)	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.26	0.28	0.31
classe 4 ($1.5 \times d + 0.16$)	0.18	0.19	0.19	0.20	0.21	0.22	0.24	0.25
classe 5 ($1.1 \times d + 0.14$)	0.16	0.16	0.16	0.17	0.18	0.18	0.20	0.21
classe 6 ($0.8 \times d + 0.12$)	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	0.16	0.17

▲ Figure 87 : Valeurs du coefficient de perte thermique correspondant aux classes d'isolation 1 à 6 telles que définies dans la norme NF EN 12828. Ces valeurs dépendent uniquement du diamètre extérieur du tube (d exprimé en mètre dans les formules de calcul indiquées).

Multicouches	Coefficient de perte thermique en W/m.K en fonction des épaisseurs de calorifuge							
	16	18	20	26	32	40	50	63
Diamètre extérieur en mm	16	18	20	26	32	40	50	63
Diamètre intérieur en mm	12	14	15	20	26	33	42	51
Epaisseurs de mousse phénolique revêtue d'aluminium (conductivité de 0.029 W/m.K)	15 mm	0.14	0.15	0.16	0.18	0.21	0.25	0.34
	20 mm	0.12	0.13	0.14	0.16	0.18	0.21	0.29
	25 mm	0.11	0.12	0.12	0.14	0.16	0.19	0.25
	30 mm	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23
	40 mm	0.09	0.10	0.10	0.12	0.13	0.15	0.19
	50 mm	0.08	0.09	0.09	0.11	0.12	0.13	0.17
Epaisseurs de laine minérale (conductivité de 0.038 W/m.K)	20 mm	0.17	0.18	0.19	0.22	0.25	0.29	0.40
	25 mm	0.15	0.16	0.17	0.20	0.22	0.26	0.35
	30 mm	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20	0.23	0.31
	40 mm	0.12	0.13	0.14	0.16	0.18	0.20	0.26
	50 mm		0.12	0.13	0.14	0.16	0.18	0.23
	60 mm				0.13	0.15	0.16	0.21
Epaisseurs de mousse élastomère à base de caoutchouc synthétique (conductivité de 0.04 de 6 à 19 mm et 0.042 W/m.K au-delà)	70 mm				0.14	0.15	0.17	0.19
	9 mm	0.25	0.27					
	13 mm	0.21	0.23	0.24	0.28	0.32		
	19 mm	0.18	0.19	0.20	0.23	0.27	0.31	0.37
	25 mm	0.17	0.18	0.18	0.21	0.24	0.28	0.33
	32 mm	0.15	0.16	0.17	0.19	0.22	0.25	0.28
	40 mm	0.14	0.14	0.15	0.17	0.19	0.22	0.25
	53 mm	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.19	0.22
	59 mm				0.15	0.16	0.18	0.20
	64 mm				0.14	0.16	0.17	0.20
	72 mm					0.15	0.16	0.18

▲ Figure 88 : Valeurs du coefficient de perte thermique en fonction du type, de la conductivité, de l'épaisseur de calorifuge et du diamètre du tube. Les couleurs permettent de déterminer la classe d'isolation correspondante telle que définie figure précédente.

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

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

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



INSTALLATIONS D'EAU CHAUDE SANITAIRE

CONFORT, PRÉVENTION DES RISQUES
ET MAÎTRISE DES CONSOMMATIONS

NOVEMBRE 2014

NEUF-RÉNOVATION

Ce guide traite de la conception des installations individuelles et collectives d'eau chaude sanitaire en habitat. Il a pour but de donner une vision globale de l'ensemble des exigences à satisfaire par ces installations et des leviers sur lesquels agir pour limiter leurs consommations. Les différentes questions abordées successivement sont les suivantes :

- Quelles sont les exigences de confort à satisfaire ?
- Quels sont les différents risques sanitaires liés à ces installations et les principales spécifications réglementaires pour prévenir ces risques ? Quels sont notamment les dispositifs de protection contre les retours d'eau à prévoir lors de la conception ?
- Comment réduire les consommations d'ECS ? Quelles solutions au niveau des terminaux, de la distribution et de la production ? Quels sont les postes les plus consommateurs ? Qu'impose la réglementation pour limiter ces consommations ?
- Quelles sont les règles de l'art traitant de la conception de ces installations ? Que spécifient-elles notamment pour limiter les risques de corrosion et d'entartrage ? Qu'imposent-elles au niveau du bouclage ?

Ce guide ne traite pas du dimensionnement. Il est abondamment illustré par près d'une centaine de schémas et tableaux. De nombreux exemples donnent des ordres de grandeur de consommations.