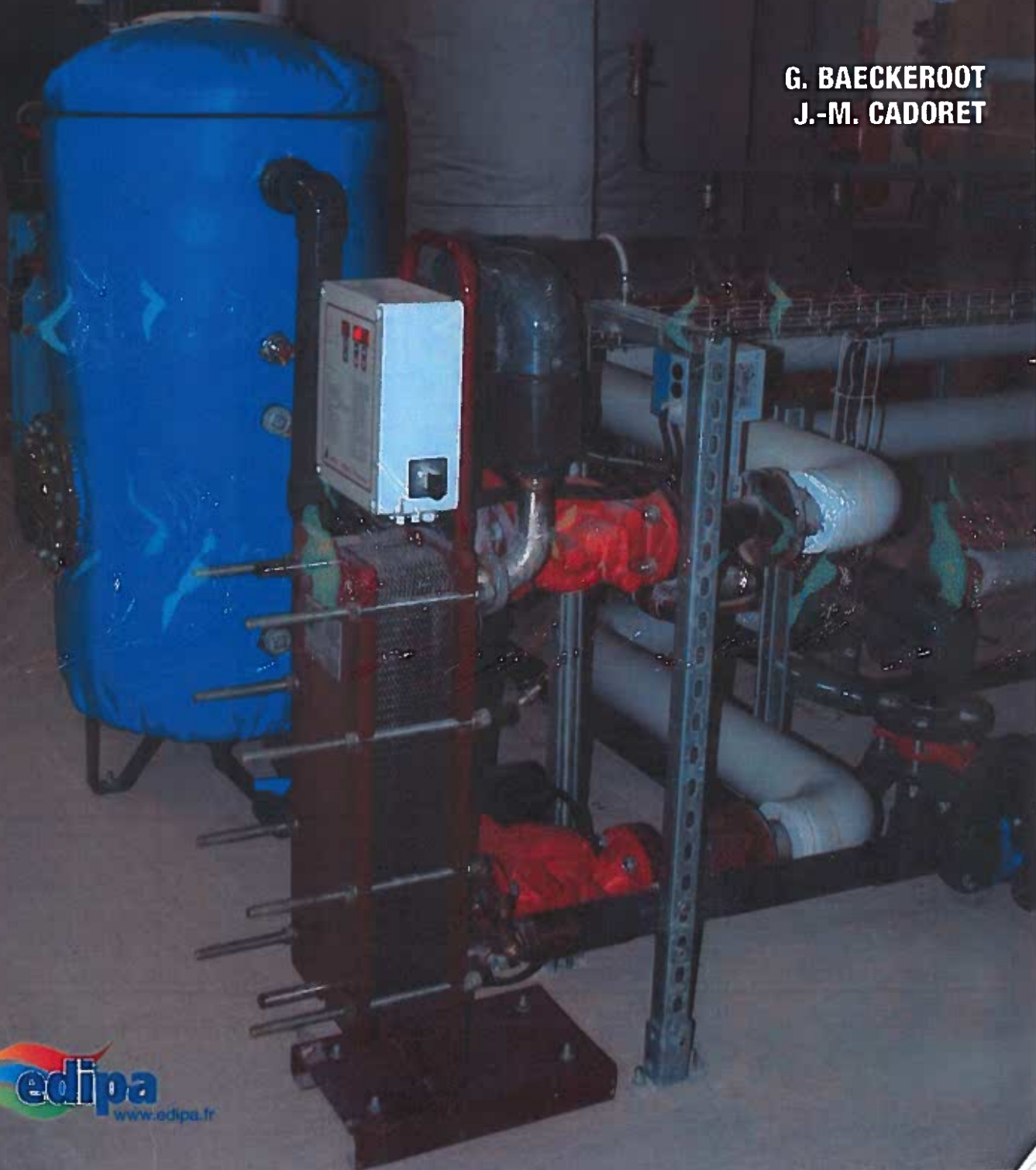


# Mode de calcul des INSTALLATIONS D'EAU CHAUDE SANITAIRE

G. BAECKEROOT  
J.-M. CADORET



NOVEC - ARCHIVES  
N° COTE *T.S.D.*

# Mode de calcul des INSTALLATIONS D'EAU CHAUDE SANITAIRE

(individuelles, collectives, accumulation, semi-accumulation)

G. BAECKEROOT  
J.-M. CADORET

Les Editions Pariennes



9414-190211a

## REMERCIEMENTS

Nous remercions les partenaires techniques professionnels, bureaux d'études, fabricants et assembleurs qui nous ont aidés par leurs écrits et leurs renseignements, fruits de leur expérience.

Nous remercions également et entre autres, Michel RAOULT et Christian SOUCADAUCH pour la relecture de la première édition de cet ouvrage.

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant aux termes de l'article L122-5 (2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> a), d'une part, que «les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite» (art. L122-4). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

---

© Numéro spécial de Chaud-Froid-Plomberie  
CHAUD-FROID-PLOMBERIE 2011

EDIPA - éditions parisiennes  
6, passage Tenaille - 75014 PARIS - [www.edipa.fr](http://www.edipa.fr)  
ISBN 978-2-86 243-087-3

# SOMMAIRE

<b>Préface</b> .....	5
<b>Glossaire</b> .....	6
<b>Introduction</b> .....	7
<b>Chapitre 1 - Données de base du calcul</b> .....	9
1. Le cycle de l'eau	
2. Les propriétés de l'eau	
3. L'eau chaude sanitaire (E. C. S.)	
4. Remarques sur le rendement de l'installation et la température de distribution	
5. Les profils des puisages d'ECS	
6. Détail d'une pointe de consommation	
7. Pointes de consommation	
8. Définition d'une bonne production d'ECS	
9. Choix de la température de distribution de l'ECS	
10. Choix du matériau des conduits de distribution	
11. Particularités d'une production d'ECS	
12. Formule générale de calcul	
13. Les techniques de production d'ECS	
13.1. Les préparateurs "instantanés".	
13.2. Les préparateurs "semi-instantanés"	
13.3. Les préparateurs "semi-accumulation"	
13.4. Les préparateurs à "accumulation"	
13.5. Remarques sur les puissances nécessaires pour la production d'ECS	
14. Représentation graphique des couples "puissance / capacité tampon" nécessaires	
15. Méthode de calcul d'une production d'ECS :	
15.1. Installations "modulaires"	
15.2. Installations "spéciales"	
16. Régulation sur le primaire des échangeurs ECS	
16.1. Régulation "tout ou rien"	
16.2. Régulation progressive 2 voies	
16.3. Régulation progressive 3 voies	
17. Préparateur d'ECS semi-instantané, avec accumulation sur le primaire	
<b>Chapitre 2 - Chiffres clés d'une production d'ECS</b> .....	21
1. Les consommations d'ECS par "point de puisage"	
2. Les consommations d'ECS des installations modulaires	
3. Tableau de consommations d'ECS par "module ECS"	
4. Les besoins journaliers d'ECS de "N modules" d'une installation	
5. Les coefficients "K"	
6. Le coefficient de simultanéité "S"	
7. Calcul de la durée de la tranche de consommation de pointe "T heures"	
8. Tableau récapitulatif des valeurs "S" et "T heures"	
<b>Chapitre 3 - Sélection des préparateurs d'ECS</b> .....	27
1. Les préparateurs instantanés pour installations modulaires	
1.1. Définition	
1.2. Calcul d'un préparateur "instantané" PI de puissance P inst., pour installation "modulaire"	
1.3. Conception des préparateurs "instantanés"	
1.4. Préparateurs d'ECS instantanés avec primaire haute température ( $t > 110\text{ °C}$ ) et pour les locaux autres que ceux recevant du public	
2. Les préparateurs semi-instantanés pour installations modulaires	
2.1. Définition	
2.2. Calcul d'un préparateur semi instantané pour installation "modulaire"	
2.3. Schéma de raccordement d'un préparateur "semi-instantané"	
2.4. Remarque importante sur le retour de la boucle (débit et point de raccordement)	
2.5. Divers raccordements de préparateurs d'ECS "semi-instantanés"	
2.6. Exemples : détermination de préparateurs semi-instantanés	
3. Les préparateurs semi-accumulation pour installations modulaires	
3.1. Définition	
3.2. Calcul d'un préparateur "semi-accumulation"	
3.3. Conception des préparateurs "semi-accumulation"	
3.4. Schéma type d'une installation ECS à "semi-accumulation"	
3.5. Production ECS "semi-accumulation" à condensation	
3.6. Exemple de détermination de préparateurs ECS "semi-accumulation"	

4. Les préparateurs accumulation pour installations modulaires	
4.1. Définition	
4.2. Calcul d'un préparateur à "accumulation"	
4.3. Schémas types d'installations ECS à "accumulation"	
4.4. Exemples de détermination de préparateurs à "accumulation"	
5. Récapitulatif des formules de détermination des préparateurs d'ECS. Installations modulaires	
6. Puissance instantanée équivalente d'un préparateur semi-instantané. Installations modulaires	
7. Les installations d'ECS "spéciales" (non modulaires)	
7.1. Définitions	
7.2. Tableau des consommations journalières d'ECS à 55 °C par puisage	
7.3. Remarques sur les installations "spéciales" d'ECS	
7.4. Histogramme des consommations d'installations "spéciales"	
7.5. Détermination d'un préparateur ECS "instantané" d'installation "spéciale"	
7.6. Calcul d'un préparateur ECS "semi-instantané" d'installation "spéciale"	
7.7. Détermination d'un préparateur ECS "accumulation" d'installation "spéciale"	
7.8. Autre exemple de détermination d'une installation ECS "spéciale"	
8. Questionnaire de détermination des préparateurs d'ECS	
9. Estimation des consommations d'ECS et de l'énergie nécessaire à la production	
<b>Chapitre 4 - Recommandations de mise en œuvre</b>	<b>53</b>
1. Le principe de l'installation	
2. Equipement du local	
3. Les matériaux du réseau	
4. Les accessoires principaux d'un circuit d'ECS	
5. Dimensionnement des conduites d'ECS	
5.1. Vitesses maximales de l'ECS, dans des canalisations en acier galvanisé	
5.2. Diamètres préconisés en fonction des débits d'ECS observés	
5.3. Débit dans les canalisations	
6. Le bouclage du réseau	
6.1. Le maintien en température du réseau de distribution d'ECS	
6.2. Vitesse de l'ECS dans la boucle	
6.3. Calcul du recyclage	
6.4. Remarque importante sur le débit maximal de la boucle	
6.5. Déperditions thermiques des tubes	
6.6. Exemple de calcul d'un réseau de distribution d'ECS avec bouclage	
7. Calcul des pertes de charge dans le réseau ECS	
7.1. Formules générales	
7.2. Méthode de calcul de la perte de charge	
7.3. Equivalence des pertes de charge singulières en longueurs droites de tuyauteries	
7.4. Abaque "diamètre, débit, vitesse, perte de charge"	
7.5. Abaque pertes de charge ECS (tubes rugueux, petits diamètres)	
7.6. Abaque pertes de charge ECS (tubes rugueux, gros diamètres)	
8. Calcul du k, des vannes de régulation sur le réseau primaire ECS	
9. Schémas	
9.1. La chaudière de chauffage assure la production d'ECS	
9.2. Chaudière de chauffage avec bouteille de découplage hydraulique et priorité ECS	
Chauffage "haute température"	
9.3. Chaudière de chauffage avec bouteille de découplage hydraulique et priorité ECS	
Chauffage "basse température"	
9.4. Préparateur d'ECS avec primaire "vapeur BP", ou réseau de chaleur 110 °C maxi	
9.5. Production d'ECS séparée du chauffage	
10. ECS gratuite : les économiseurs	
11. L'ECS solaire	
12. L'ECS industrielle	
13. Préconisations concernant l'ECS dans une maison individuelle	
<b>Chapitre 5 - Prévention des risques techniques et sanitaires des installations d'ECS</b>	<b>85</b>
1. Entartrage et corrosion	
2. Conception d'un réseau peu sensible au développement des légionelles	
3. Systèmes aptes à stériliser l'eau de ville utilisée pour la production d'ECS	
4. Entretien systématique pour la prévention des réseaux ECS contre le risque de contamination par les légionelles	
<b>Chapitre 6 - Exemples de calcul rapide d'installations sanitaires</b>	<b>97</b>
1. Hôtel sans restauration	
2. Restaurant universitaire	
3. Estimation des consommations d'ECS individuelles et de l'énergie nécessaire à la production	
4. Exemple de détermination d'une installation solaire pour un camping	
5. Exemple de détermination d'une installation d'ECS dans une clinique	
6. Détermination d'une solution avec accumulation sur le primaire	

# PRÉFACE

Durant de nombreuses années, l'eau chaude sanitaire a été le parent pauvre de notre profession et était négligée dans la détermination des caractéristiques techniques d'une installation de production de chaleur. Il aura fallu les différents chocs pétroliers, des années 80, pour se rendre compte que l'optimisation des installations thermiques des bâtiments et principalement de la production d'eau chaude sanitaire permettait d'économiser beaucoup d'énergie.

C'est entre 1980 et 1990 avec les différents programmes gouvernementaux d'utilisation de la chaleur géothermique, pour satisfaire les besoins énergétiques des bâtiments à usage d'habitation, que les premières véritables recherches d'amélioration de la production d'eau chaude sanitaire sont entreprises. Rapidement les acteurs du métier se rendent compte que le poste eau chaude sanitaire est loin d'être négligeable dans le bilan énergétique annuel d'une installation de production de chaleur. Et même, qu'une production d'eau chaude sanitaire mal gérée pouvait devenir "énergivore" et entraîner des surcoûts d'exploitation importants.

Pendant plusieurs années, bureaux d'étude, installateurs, exploitants de chauffage et constructeurs ont collecté, grâce à la télésurveillance, une multitude de relevés de consommations réelles dans tous les types de bâtiments existants et ont cherché à mettre en équations les habitudes de consommation d'ECS des Français.

Vous trouverez dans la première partie de cet ouvrage les conclusions de ce travail de fournis.

Mais notre métier est en constante évolution, et nous avons dû réfléchir à l'aspect "développement durable" des productions d'eau chaude sanitaire.

Vous lirez dans cet ouvrage que la performance d'une bonne production d'eau chaude sanitaire passe par un choix judicieux du système de production. On verra notamment que la mise en place de stockages évite la mise en œuvre de puissances trop importantes qui s'avèrent très souvent inadaptées à la performance.

Par ailleurs, nous avons pris conscience du risque de prolifération microbienne, en particulier de la "Légionella", dans les réseaux mal conçus ou peu adaptés. Les techniques mises en œuvre ne font pas toujours bon ménage avec les contraintes sanitaires demandant de garantir la santé des utilisateurs.

C'est ainsi que les acteurs de la profession, bureaux d'étude, installateurs, exploitants et constructeurs se sont mis au travail pour proposer des solutions telles que le stockage primaire ou le traitement en continu, sans dépense d'énergie.

En lisant cet ouvrage vous découvrirez toutes ces évolutions techniques et trouverez sûrement les réponses aux questions que vous vous posez sur les moyens à mettre en œuvre pour proposer les meilleures solutions techniques. Mais dans toutes vos réflexions, gardez à l'esprit qu'une production d'eau chaude sanitaire, contrairement à ce que beaucoup croient, vit et évolue avec ses utilisateurs. Et, ce qui peut être vrai aujourd'hui, avec une typologie d'usagers donnée, peut être complètement remis en question demain si le mode d'occupation du bâtiment changeait fondamentalement.

En effet, si la "théorie mathématique" permet de déterminer sans trop de difficultés les besoins en chauffage d'un bâtiment, en ce qui concerne l'eau chaude sanitaire cela dépend et dépendra toujours de l'évolution de la notion subjective de bien-être et du confort souhaité par les utilisateurs.

Jean-Michel CADORET

# INTRODUCTION

"L'Eau Chaude Sanitaire" est, pour les thermiciens, un poste qui prendra de plus en plus d'importance.

Les usagers exigent pour leur confort, une eau chaude sanitaire abondante, disponible rapidement aux robinets. La température doit être constante, suffisamment chaude mais sans risque de brûlure. Ceci au prix de revient le plus compétitif.

L'obligation de base de "50 kWh<sub>ep</sub> (m<sup>2</sup>.an)" dictée par la RT 2012 implique un poste de consommation pour l'ECS prépondérant de "25 kWh<sub>ep</sub> (m<sup>2</sup>.an)" en résidentiel, soit 50 % des besoins.

Il faut donc réaliser des économies sur le poste ECS.

Pour un besoin de base en ECS de "25 kWh<sub>ep</sub> (m<sup>2</sup>.an)", 25 à 50 kWh<sub>ep</sub> (m<sup>2</sup>.an) sont nécessaires avec une production "gaz". Avec une production "électrique", en comptant les pertes de distribution, de stockage et le coefficient de conversion énergie primaire pour l'électricité de 2,58, on arrive à "80 ou 90 kWh<sub>ep</sub> (m<sup>2</sup>.an)". Obtenir "50 kWh<sub>ep</sub> (m<sup>2</sup>.an)" est impossible !

Il sera nécessaire d'optimiser au mieux la production d'ECS : stockage performant, énergie renouvelable ( appoint solaire, bois), pompe à chaleur...

Des progrès sont surtout attendus du côté d'un développement plus large des marchés qui fera chuter les coûts, sans oublier qu'il ne faut pas simplement raisonner sur le prix des produits mais également sur le coût de pose des installations !

Dans le résidentiel, le coût annuel de la production d'ECS est relativement faible par rapport au coût du chauffage. Souvent il est plus rentable de séparer le chauffage de la production d'ECS. Exemples : chauffage par chaudière à condensation, régulation "en fonction de l'extérieur et contrôle de l'ambiance" par action directe sur le brûleur, sans vanne 3 voies pour un chauffage individuel. La chaudière chauffage est arrêtée tout l'été. La production d'ECS est séparée et est réalisée par électricité, par gaz à condensation, avec si possible appoint par solaire, économiseur sur cheminée bois...

Avec une remarque : si, par exemple, le coût de l'ECS est de 250 euros/an et qu'un économiseur permet 50 % d'économie, celle-ci sera seulement de 125 euros/an. Chiffre à comparer au coût d'achat et d'installation pour calculer "le temps de retour sur investissement" !

Mais à l'avenir, il faut s'attendre à des fluctuations du prix de l'énergie. L'ECS sera plus chère et l'eau potable de plus en plus rare dans beaucoup de régions. Il faut en conséquence privilégier tout ce qui peut permettre des économies d'eau: lavabo avec robinet commandé par un détecteur de présence, douche avec tirette ou bouton temporisé, etc.

Enfin, l'ECS doit être un produit de qualité, rester consommable. Il faudra prévoir des contrôles systématiques, principalement dans les centres de santé...

L'ECS, sujet à suivre ...

# AVERTISSEMENT

Dans cet ouvrage, tous les calculs des besoins, puis la détermination des préparateurs d'ECS sont réalisés sur la base d'une production et d'une distribution d'ECS à 55 °C. Ensuite, le diamètre des canalisations et la capacité du réservoir tampon éventuel sont corrigés en fonction des températures réelles d'utilisation choisies. Il faut savoir que l'eau à 55 °C permet de limiter le risque d'entartrage, de corrosion et de brûlures.

Toutefois, les problèmes de développements bactériens à l'intérieur des réseaux pourront nécessiter des traitements thermiques ponctuels à des températures supérieures. Il faudra éventuellement en tenir compte.

Dans tous les cas, la prise en compte à la fois des impératifs sanitaires liés au réseau et à la sécurité des usagers devra être étudiée.

Par ailleurs, si les ratios issus d'expériences antérieures sont utiles pour les études au stade de l'avant-projet, l'étude d'un dimensionnement précis est indispensable. Elle est souvent négligée. Elle devrait être exigée par les maîtres d'ouvrage.

De même, il y a toujours lieu de vérifier que les hypothèses de calcul se sont révélées justes et conformes aux besoins. Il ne faut pas hésiter à mesurer ultérieurement les consommations réelles et redimensionner le matériel le moment venu (changement de matériel, rénovation) afin que celui-ci ne soit ni sous-dimensionné ni surdimensionné et ne s'use plus vite que nécessaire.



# Chapitre 1

## DONNÉES DE BASE DU CALCUL

### 1. Le cycle de l'eau

L'eau est un composé d'hydrogène et d'oxygène ( $H_2O$ ), indispensable dans toutes les activités biologiques. Elle peut contenir en suspension ou à l'état dissous, une multitude de substances étrangères.

L'eau de pluie pénètre dans le terrain où elle est filtrée avant de s'accumuler dans les "nappes phréatiques". Elle en ressort sous forme de sources après s'être chargée de sels minéraux qu'elle a dissous pendant son trajet dans le sous-sol. Les nappes phréatiques représentent 10 ans de précipitation : ce chiffre montre que le renouvellement des nappes est très lent et qu'il faut à tout prix éviter de les polluer. En un siècle, la population mondiale a été multipliée par 3 et la consommation d'eau douce par 8 !

L'eau de ville est souvent pompée dans les nappes souterraines mais les plus grandes quantités d'eaux industrielles et ménagères sont prises dans les lacs et les rivières. Celles-ci peuvent être équipées de barrages pour faire face aux périodes de faible pluviosité.

Les eaux superficielles sont malheureusement souvent polluées. Elles nécessitent donc avant d'être distribuées comme "eau potable" des épurations, des filtrations suivies de stérilisations, tout ceci afin de les rendre limpides et de supprimer tous risques de propagation de maladies.

Les eaux superficielles sont "douces" lorsque la teneur en minéraux n'atteint pas 0,5 g/l. Elles contiennent également des gaz dissous (oxygène - azote - gaz carbonique).

### 2. Les propriétés de l'eau

#### • Le pH

Le pH de l'eau mesure son acidité (pH = colog de la concentration des ions  $H^+$ ).

L'eau est neutre à pH = 7, acide à pH < 7 et alcaline à pH > 7. Quelques exemples de pH acceptables sont donnés dans le **tableau 1**.

#### • La dureté

Sous l'effet de l'élévation de température, les sels de calcium et de magnésium qui confèrent à l'eau sa dureté, vont se précipiter au sein du liquide sous forme de particules solides. Les sels vont également se déposer dans les canalisations pour y former des dépôts de tartre.

1°f (degré français de dureté) = 10 mg/l de  $CO_3 Ca$  : 1 m³ d'eau d'une dureté de 20°f peut donner naissance à près de 200 g de tartre exprimé en carbonate de calcium.

Le **tableau 2** donne les correspondances entre les diverses unités de mesure de la dureté de l'eau.

• Dans l'air, l'eau se sature d'oxygène, d'azote et de gaz carbonique.

	Eau acide					Neutre					Eau alcaline				
pH :	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Eau chimiquement pure.....															7
Eau de piscine.....															7,2 à 7,6
Eau sanitaire.....															7,5 à 8,5
Eau de réseau de chauffage.....															8,5 à 10,5
Eau acceptable dans les égouts.....															6,5 à 9

Tableau 1.

	Degré français	Degré anglais	Degré allemand	Milligramme de Ca	Millimole de Ca
Degré français	1	0,7	0,56	4,008	0,1
Degré anglais	1,43	1	0,80	5,73	0,143
Degré allemand	1,79	1,25	1	7,17	0,179
milligramme de Ca	0,25	0,175	0,140	1	0,025
Millimole de Ca	10	7	5,6	40,08	1

Tableau 2.

A la pression atmosphérique, la solubilité des gaz dans l'eau pure est égale aux valeurs données dans le **tableau 3**.

L'eau chimiquement pure ne se trouve pas dans la nature. Elle peut être obtenue par distillation, déminéralisation, dégazage etc. L'on peut également éliminer les microbes par stérilisation, filtration, osmose inverse etc.

L'eau de mer contient environ 39 grammes / litre de sels dissous. Le dessalage peut être obtenu par distillation ou par congélation mais ces procédés sont coûteux en énergie et ne se pratiquent que dans certains pays désertiques riches en énergie. L'osmose inverse est un procédé plus récent. Il permet d'obtenir une déminéralisation presque complète de l'eau de mer dans des conditions économiquement plus intéressantes que la distillation mais il reste réservé à des installations d'appoint dans des régions pauvres en eau de source.

### 3. L'eau chaude sanitaire (ECS)

Une partie de l'eau de ville doit être distribuée réchauffée : c'est l'EAU CHAUDE SANITAIRE.

Le service de l'eau chaude sanitaire est caractérisé par :

- ▷ Les quantités d'eau puisées à des débits instantanés très variables suivant les heures de la journée et suivant les jours.
- ▷ Le confort : l'eau doit être à une température stable, immédiatement disponible et à un débit suffisant.

### 4. Remarques

#### • Rendement des installations de production d'ECS

Le rendement moyen annuel mesuré (sur PCS) est donné dans le **tableau 4**.

Le choix de l'énergie implique parfois une facturation importante de la puissance maximale appelée. Dans ce cas, il est conseillé de sélectionner le système qui écrête le mieux cette puissance appelée (type de préparateur semi-instantané, semi-accumulation ou accumulation : des préparateurs équipés de réservoirs tampons).

#### • Température de distribution de l'ECS

La température de l'eau aux points de puisage : cette température doit être suffisante pour être confortable et pour éviter la prolifération de bactéries. Toutefois, pour éviter les risques graves de brûlures, elle ne doit pas être trop élevée (Température maximale inférieure à 60 °C. Une température de 55 °C est préconisée pour les installations domestiques).

#### • Température de fluide primaire

Pour les établissements recevant du public, lorsque le réchauffage de l'eau chaude dans un échangeur se fait à partir d'un fluide autre que frigorigène, la température du fluide primaire ne doit jamais être supérieure à 110 °C (Arrêté du 26/10/86 - Article CH 26 - Textes généraux).

### 5. Les profils des puisages d'E.C.S.

Les consommations d'ECS sont, pour des installations

Températures	0 °C	10 °C	20 °C	50 °C	80 °C	100 °C
O <sub>2</sub> (oxygène) (mg/l) en présence d'air	14	10,5	8,6	5	2,6	0
N <sub>2</sub> (azote) en présence d'air (mg/l)	23	18	14,8	9	5	0
CO <sub>2</sub> (gaz carbonique) en présence de gaz carbonique (g/l)	3,3	2,2	1,7	0,7	0,3	0

Tableau 3.

Rendement moyen annuel mesuré (sur PCS)	ECS individuelle						
	Fuel	Gaz			Electricité Accumulation	ECS collective	
		Mixte instantanée	Mixte accumulation	Séparée instantanée		Gaz	Fuel
	0,37	0,57	0,57	0,58	0,71	0,29	0,29
Energie consommée pour l'ECS (kW / Jour.occupant)	5,54	2,44	3,04	2,33	1,86	Environ 4,64 (estimation)	

Tableau 4.

domestiques, hôtels, hôpitaux, etc., toutes caractérisées par des périodes de consommation faible, voire nulle, suivies de une ou plusieurs périodes de consommation d'importance variable.

L'enregistrement des consommations d'ECS des différents types d'installations donne les graphiques suivants :

#### 5.1. Consommation journalière d'un bâtiment constitué de logements (figure 1)

#### 5.2. Consommation journalière d'une clinique (figure 2)

#### 5.3. Consommation d'un vestiaire de terrain de sport (figure 3)

#### 5.4. Consommation journalière d'un hôtel 2\*\* (figures 4.1, 4.2 et 4.3)

#### 5.5. Consommation journalière d'une maison de retraite (figures 5.1, 5.2 et 5.3)

### 6. Détail d'une pointe de consommation

De nombreuses installations ont des cycles répétitifs de consommation d'eau chaude sanitaire du type "tout ou rien". C'est le cas par exemple de douches de terrains de sports, de lavabos d'internats, de vestiaires avec douches pour des ateliers d'usine ou pour des gymnases.

Dans ce cas, il faut mesurer :

- ▷ Le nombre et le débit unitaire des points de puisage pouvant être utilisés simultanément.
- ▷ La durée des puisages : cette durée peut être de 10 minutes, 20 minutes, voire plusieurs heures.
- ▷ La fréquence des puisages dans la journée et le temps disponible entre les puisages.

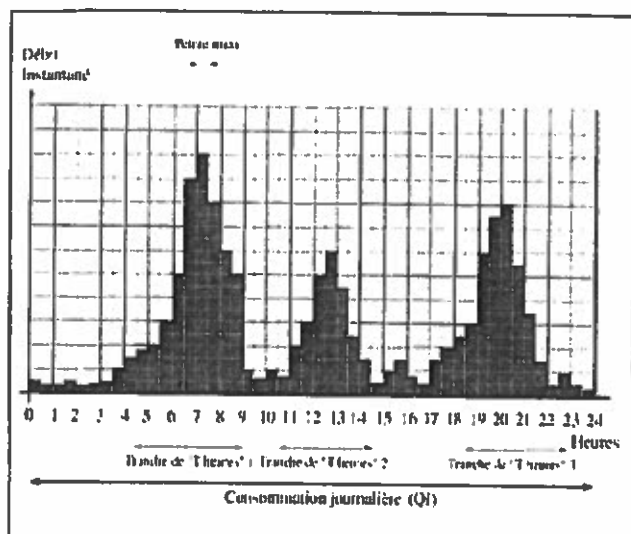


Figure 1.

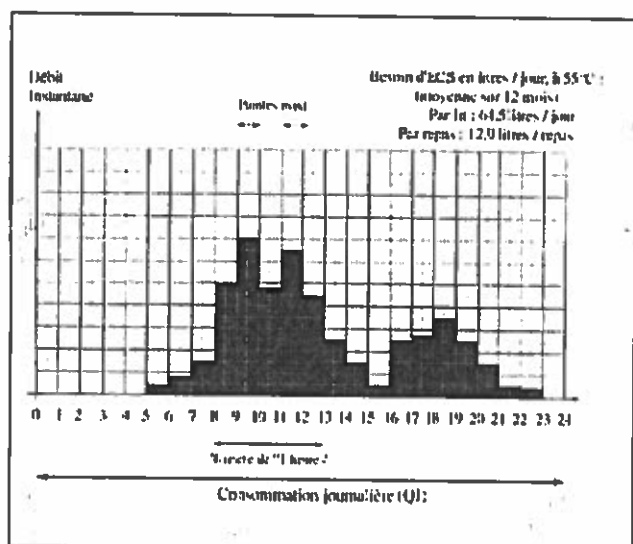


Figure 2.

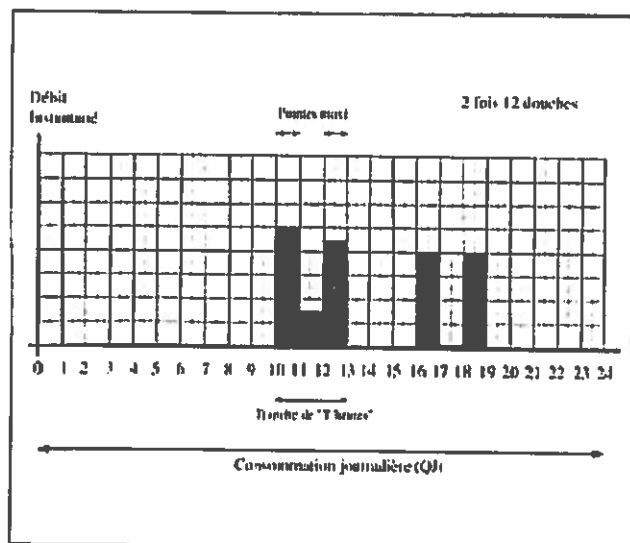


Figure 3.

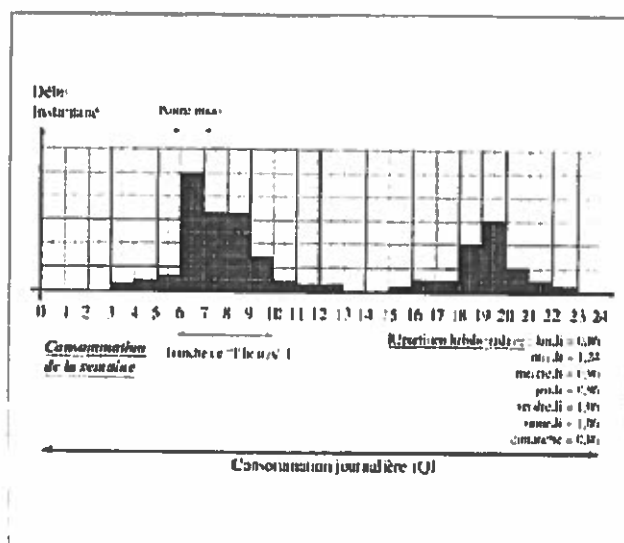


Figure 4.1.

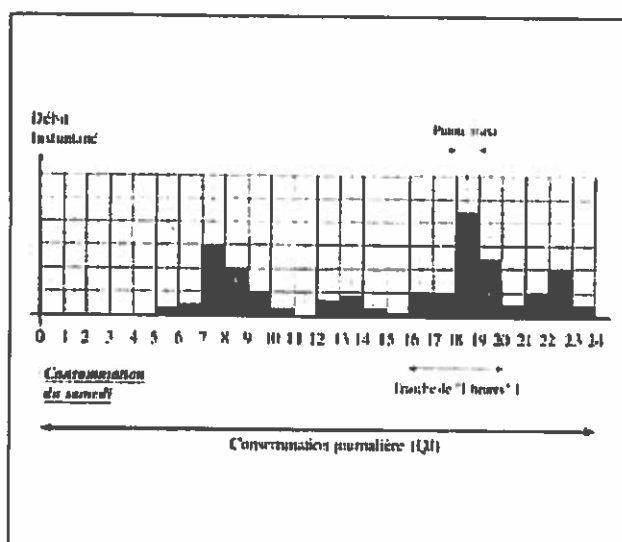


Figure 4.2.

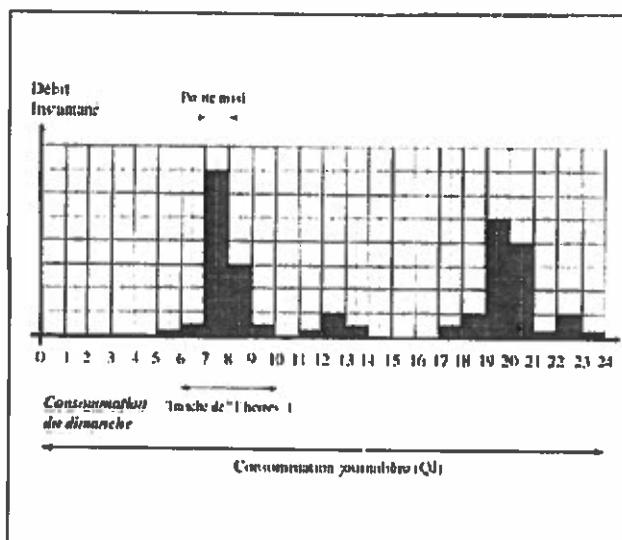


Figure 4.3.

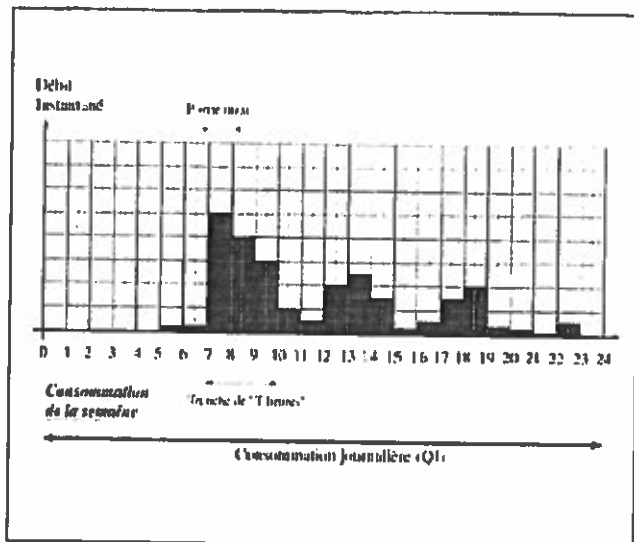


Figure 5.1.

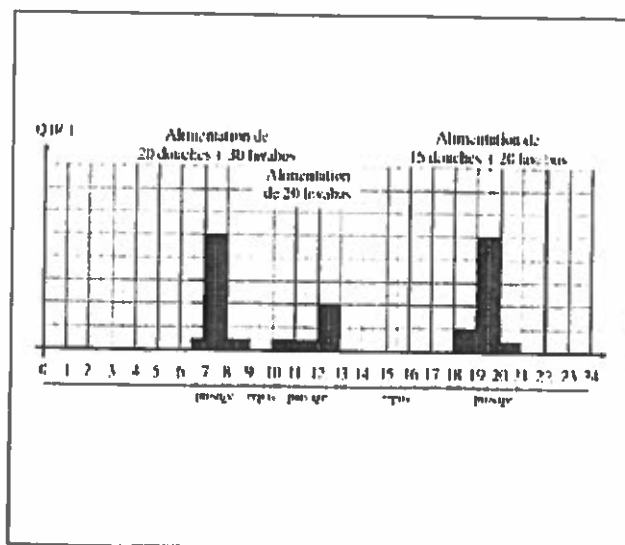


Figure 6. Exemple d'un internat.

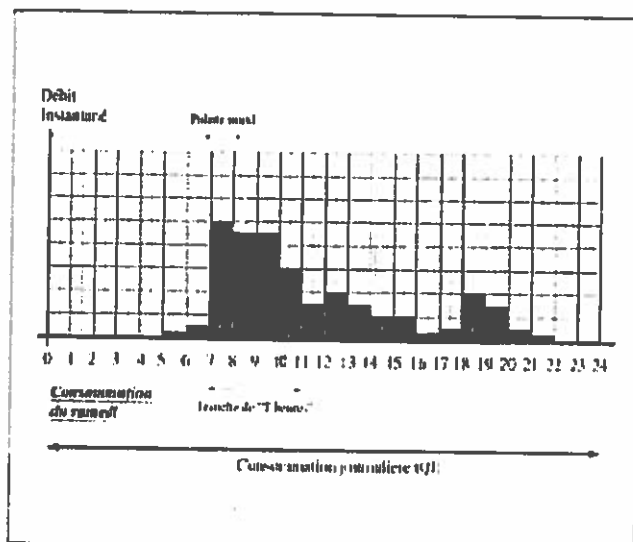


Figure 5.2.

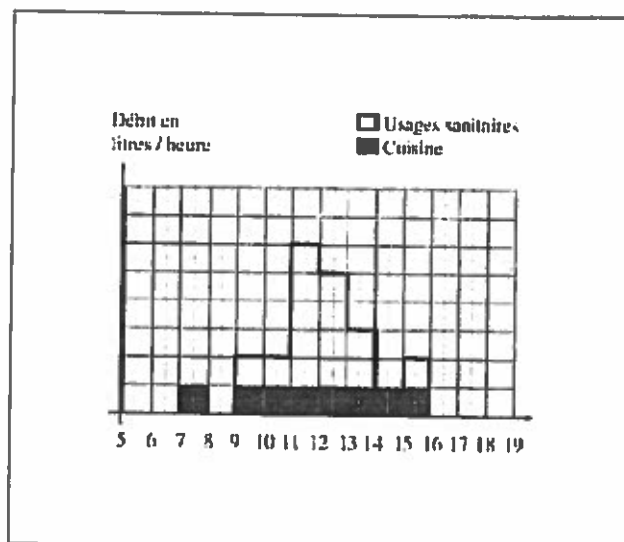


Figure 7. Exemple d'une école.

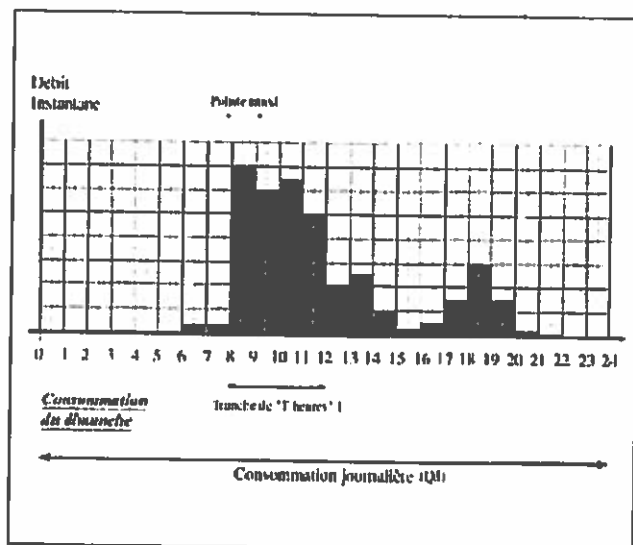


Figure 5.3.

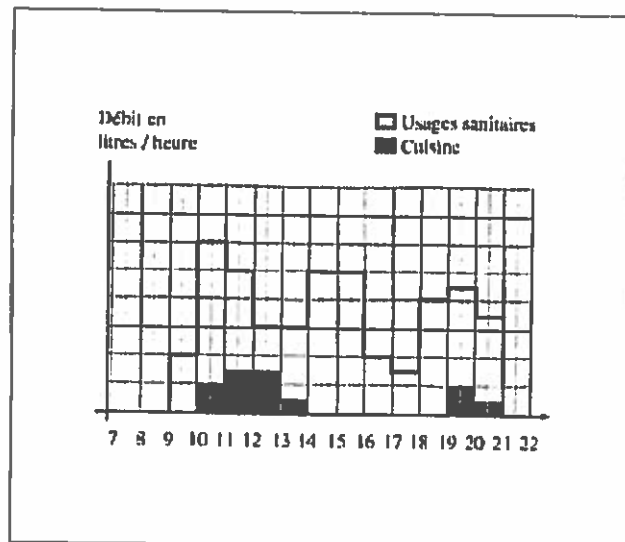


Figure 7bis. Exemple d'un restaurant.

Ces mesures permettent de calculer :

- ▷ Le débit continu maxi, pendant "x" minutes.
- ▷ Le débit maxi en litres / heure qui permettra de calculer une "puissance instantanée".
- ▷ Le temps disponible minimum pour permettre la recharge des réservoirs tampons éventuellement à installer.

Avec ces relevés, il est possible de tracer un graphique des consommations journalières (figure 6).

Certaines installations sont caractérisées par des consommations où se cumulent des débits continus prolongés et des débits variables avec des pointes importantes (figures 7 et 7bis).

#### 7. Pointes de consommation des immeubles d'habitations, hôpitaux, hôtels, maisons de retraite ou bureaux d'usine

Pour toutes ces installations d'eau chaude sanitaire, les besoins lors des tranches "T heures" de consommation maximale de la journée la plus chargée de l'année, peuvent être décomposés en plusieurs périodes de puisage caractéristiques (figure 8 page suivante).

La pointe maximale de 10 minutes environ dominera la tranche de "T heures" avec un débit instantané proportionnel au nombre de "modules", mais modéré par un coefficient de simultanéité "S" (chapitre 2, tableau 6).

#### 8. Définition d'une "bonne" production d'eau chaude sanitaire

Une production d'eau chaude sanitaire bien dimensionnée doit être toujours capable de fournir l'eau chaude pour laquelle elle a été conçue, sans chute sensible de la température de distribution, mais aussi sans surpuissance ou surcapacité.

Elle doit produire :

- ▷ sur 24 heures la quantité d'ECS totale "QJ totale" nécessaire au bâtiment dans lequel elle est installée.
- ▷ la quantité d'ECS du bâtiment nécessaire pendant la durée de la tranche horaire de puisage maximal, la plus importante de la journée que l'on appellera "Tranche de T heures".
- ▷ la quantité d'ECS "instantanée" nécessaire pendant les x minutes (10 minutes ou plus) de débit de pointe maximale journalière pour le bâtiment dans lequel elle est installée.

#### 9. Choix de la température de distribution de l'ECS

Les calculs de l'installation seront réalisés avec une température de production et de distribution de 55 °C. Toutes les formules et les débits indiqués dans ce livre sont déterminés sur cette base.

La capacité du réservoir d'ECS pourra être revue ensuite si l'on prévoit un volume tampon à une température différente.

Voir le coefficient correcteur K4 à appliquer (chapitre 2, tableau 5).

Le diamètre des tuyauteries de distribution sera choisi en fonction des débits d'ECS corrigés en fonction de la température de l'eau. Voir le coefficient correcteur K4 à appliquer (chapitre 2, tableau 5).

La température de l'eau au point de puisage doit être toujours inférieure à 60 °C (55 à 60 °C). Si le réseau est en acier galvanisé, la température de distribution doit être impérativement inférieure à 60 °C pour éviter la corrosion rapide des tubes : corrosion et entartrage peuvent être trois fois plus rapides si l'ECS passe de 50 à 55 °C et dix fois plus rapides si l'on passe de 55 à 60 °C.

La température de l'eau aux points de puisage ne doit pas dépasser 45 °C dans les chambres d'hôpitaux.

Il faut donc :

- soit utiliser des mitigeurs au niveau des points de puisage, car il n'est pas souhaitable de réduire la température de l'eau du réseau de distribution, pour éviter le risque de développement microbien notamment dans les bras morts où le risque est encore plus élevé.
- soit, à défaut, abaisser la température de distribution grâce à un échangeur désurchauffeur, comme nous le verrons plus loin (chapitre 5 § 3.6). L'emploi d'un mitigeur en sortie du préparateur est déconseillé : de l'eau de ville non stérile risque de polluer le réseau de distribution.

#### 10. Choix du matériau des conduits de distribution d'ECS

Un réseau de distribution réalisé en cuivre, en inox ou en polyéthylène sera plus onéreux qu'un réseau en acier galvanisé mais il permettra notamment de diminuer le risque de développement bactérien, évitera le traitement de l'eau distribuée et minimisera le risque de corrosion. (\*)

L'acier noir et l'aluminium sont des métaux particulièrement instables vis-à-vis de l'eau et sont sensibles aux corrosions : ils ne doivent jamais être utilisés sans une protection anticorrosion appropriée.

#### 11. Particularités d'une production d'eau chaude sanitaire

**Tout système producteur d'eau chaude sanitaire utilise, pour fournir l'eau chaude d'un bâtiment ou d'un process, une puissance instantanée et une capacité de stockage.**

La puissance instantanée  $P_{inst.}$  peut varier de  $P_{inst. max}$  pouvant couvrir le débit de pointe sur 10 minutes, à  $P_{inst. min}$  la puissance nécessaire pour réchauffer en 24 heures un volume de stockage couvrant les besoins journaliers.

Pour résumer :

Quelle que soit la puissance  $P_{inst.}$  et la capacité de stockage  $Ca$  choisies, le couple ( $P_{inst.}$  ;  $Ca$ ) devra toujours, et à

\*) Voir "Traitement des eaux" (chauffage, climatisation, ECS) par F. MORAN (Editions Parisiennes).

#### Rappels :

- Un "module" (ou "unité de puisage") comprenant "x" points de puisage (voir chapitre 2 § 1 et 2), a une consommation journalière de  $Q_m$  litres d'ECS.
- Une installation de "N" modules a une consommation journalière d'ECS égale à  $Q_J = Q_m \times N$ .

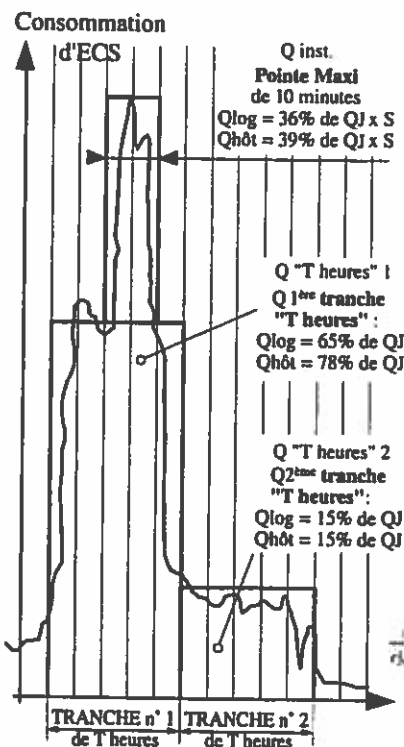
Consommation pendant la 1 <sup>re</sup> tranche maxi de "T heures"		
Désignation	Logements	Hôtel-Hôpital Maison retraite Bureaux
Consommation d'ECS	65% de $Q_J$ totale	78% de $Q_J$ totale
Débit en litres	$Q = 0,65 \times Q_m \times N$	$Q = 0,78 \times Q_m \times N$

Consommation pendant la 2 <sup>me</sup> tranche mini de "T heures"		
Désignation	Logements	Hôtel-Hôpital Maison retraite Bureaux
Consommation d'ECS	15% de $Q_J$ totale	15% de $Q_J$ totale
Débit en litres	$Q = 0,15 \times Q_m \times N$	$Q = 0,15 \times Q_m \times N$

Tranche de x minutes de "pointe maxi" (débit "instantané") (1)		
Désignation	Logements	Hôtel-Hôpital Maison retraite Bureaux
Consommation d'ECS	55% de tranche maxi de "T heures" x S	50% de tranche maxi de "T heures" x S
Consommation sur 10 min (litres)	$Q_{10\min} = 0,36 \times Q_m \times N \times S$	$Q_{10\min} = 0,39 \times Q_m \times N \times S$
Débit pointe maxi (2) (litres/heure)	$Q_{vh} = 0,36 \times Q_m \times N \times S \times 6$	$Q_{vh} = 0,39 \times Q_m \times N \times S \times 6$
Débit pointe maxi (2) (litres/seconde)	$Q_{vs} = \frac{0,36 \times Q_m \times N \times S \times 6}{3600}$	$Q_{vs} = \frac{0,39 \times Q_m \times N \times S \times 6}{3600}$

(1) La durée de cette pointe maxi varie de 2 à 25 minutes suivant les installations, le nombre de logements. La pointe est de 4,32 minutes pour 10 logements, 12,5 minutes pour 100 logements, 18,27 minutes pour 200 logements. Pour simplifier, nous prenons une pointe de 10 minutes dans tous les cas, valeur retenue pour les calculs des préparateurs d'ECS.

(2) Ces débits instantanés en litres / heure ou litres / seconde, permettent de déterminer le diamètre des tuyauteries du réseau (voir chapitre 2, tableau 2).



$Q_m$  = Consommation journalière d'un module ECS : 1 logement, 1 chambre, 1 lit hôtel ou hôpital...

$N$  = Nombre de modules ECS

$Q_J = Q_m \times N$  = Consommation journalière de l'ensemble des  $N$  modules d'ECS de l'installation

$S$  = Coefficient de simultanéité

Figure 8.

n'importe quel moment de la journée, pouvoir fournir à l'utilisateur une quantité d'eau  $Q$  définie dans le **tableau 5**.

## 12. Formule générale de calcul

Quel que soit le système de production d'ECS choisi, la puissance maximale nécessaire à la production sera :

$$P_{\text{inst.}} = \frac{(t_s - t_e)}{860} \times \frac{(Q - C_a)}{T_{\text{réf.}}}$$

Quantité d'eau susceptible d'être consommée (litres)	Temps de soutirage (heures)
• Pendant la pointe maximale : $Q_{\text{inst.}}$	$T_{\text{réf.}} = 0,17$ heure (10 minutes)
• Pendant la période de pointe (65 à 78 % du besoin journalier) : $Q_{T \text{ heures}}$ (1 <sup>re</sup> tranche)	$T_{\text{réf.}} = T$ heures (tranche maximale de "T heures")
• Pendant la journée de 24 heures : $Q_J$	$T_{\text{réf.}} = 24$ heures

Tableau 5.

Ca = capacité de stockage en litres

Q = besoin d'eau minimal, en litres, nécessaire durant la période T réf.

ts = température départ ECS

te = température d'entrée de l'eau de ville

En supposant que la température moyenne de l'eau froide (te) est de 10 °C, et que la température de l'eau chaude sanitaire est de 55 °C, on en déduit que (ts - te) = 45 °C et par conséquent :  $45/860 = 0,0523$ .

D'où la formule simplifiée :

$$P_{\text{inst.}} = 0,0523 \left( \frac{Q - Ca}{T_{\text{réf.}}} \right)$$

(kW)

On peut donc en fixant une capacité Ca en déduire la puissance P inst. associée.

Quel que soit le procédé de production d'ECS, il existera toujours un couple "puissance du préparateur P (kW) – capacité tampon Ca (litres)".

En particulier, si la capacité est égale à 0, le système sera du type "instantané" d'une puissance P (kW) maximale égale à P inst.

Plus la capacité tampon sera importante, plus faible sera la puissance du préparateur d'ECS.

A la limite, si la capacité tampon est égale à la consommation journalière, le préparateur peut disposer de 24 heures pour réchauffer tout son volume d'eau.

### 13. Les techniques de production d'ECS

On distingue 4 systèmes de production d'ECS :

#### 13.1. Les préparateurs "instantanés".

Voir figure 9.

La production est directe, sans réservoir tampon. Les préparateurs disposent d'une puissance suffisante pour satisfaire à tous moments les besoins d'ECS, en particulier, pendant la pointe maximale journalière des 10 min.

Avantages : Faible encombrement  
Prix d'achat réduit

Inconvénient : Puissance nécessaire importante et très souvent largement supérieure à la puissance nécessaire pour couvrir les besoins de chauffage du bâtiment.

Détermination : voir chapitre 3, § 1.

#### 13.2. Les préparateurs "semi-instantanés"

Voir figure 10.

Le réservoir tampon et la production instantanée du générateur permettent de couvrir les besoins de la pointe maximale journalière de consommation (pointe des 10 min).

Avantage : Puissance appelée réduite

Inconvénient : Surcoût et encombrement du ballon tampon.

Détermination : voir chapitre 3, § 2.

#### 13.3. Les préparateurs "semi-accumulation"

Voir figure 11.

Le réservoir tampon est suffisant pour fournir à lui seul la totalité des besoins de la pointe maximale journalière (pointe des 10 min), sans utiliser la puissance instantanée du générateur. Il s'agit de ballons "réchauffage 2 ou 3 heures" capables, après la pointe des 10 min, d'assurer les besoins d'ECS pendant la tranche journalière "T heures" de consommation maximale.

Avantages : Simplicité

Puissance appelée faible

Inconvénients : Encombrement

Risque de corrosion du ballon.

Détermination : voir chapitre 3, § 3.

#### 13.4. Les préparateurs à "accumulation"

Voir figure 12.

Le volume de stockage est suffisant pour couvrir la totalité de la consommation journalière. Il s'agit par exemple, d'installations avec ballons électriques "Heures Creuses", de production ECS "Géothermie" ou par récupération d'énergie (économiseurs sur fumées chaudières gaz).

Avantages : Très faible puissance appelée.

Possibilité d'énergie à prix réduit

Inconvénients : Encombrement très important

Nécessité d'installer un réchauffeur de boucle

Détermination : voir chapitre 3, § 4.

#### 13.5. Remarques sur les puissances nécessaires pour la production d'ECS

Le tableau 6 compare les puissances nécessaires pour le chauffage des locaux et pour la production ECS "instantanée" ou "semi-instantanée".

On peut constater notamment qu'avec un préparateur "instantané", pour des immeubles de moins de 25 ans comprenant moins de 100 logements, la puissance du préparateur d'ECS dépasse la puissance nécessaire au chauffage de l'immeuble. Un surdimensionnement de la chaudière "chauffage" sera nécessaire si l'on choisit un préparateur "instantané". Cela pénalisera fortement l'investissement initial... et le rendement global de l'installation.

Nombre de logements	Puissance nécessaire au chauffage (kW)		Puissance nécessaire pour l'ECS (kW)	
	Immeuble + 25 ans	Immeuble - 25 ans	ECS instantanée	ECS semi-instantanée
30	210	150	250	107 + 500 litres
70	490	350	375	215 + 500 litres
100	700	500	491	270 + 500 litres
200	1200	800	660	500 + 750 litres
300	1800	1200	815	570 + 750 litres

Tableau 6.

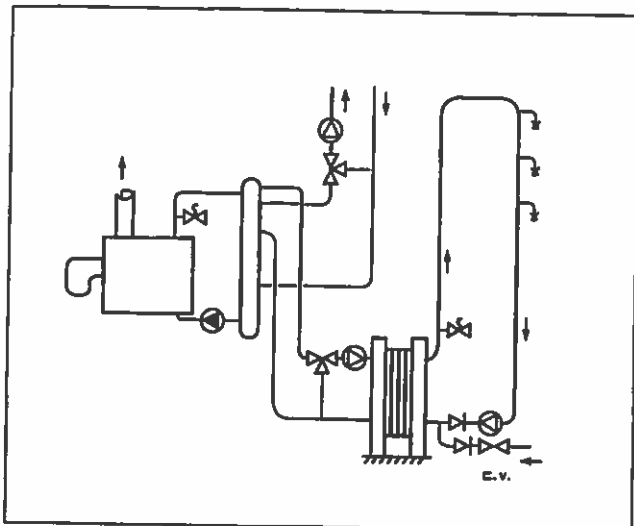


Figure 9. Instantané.

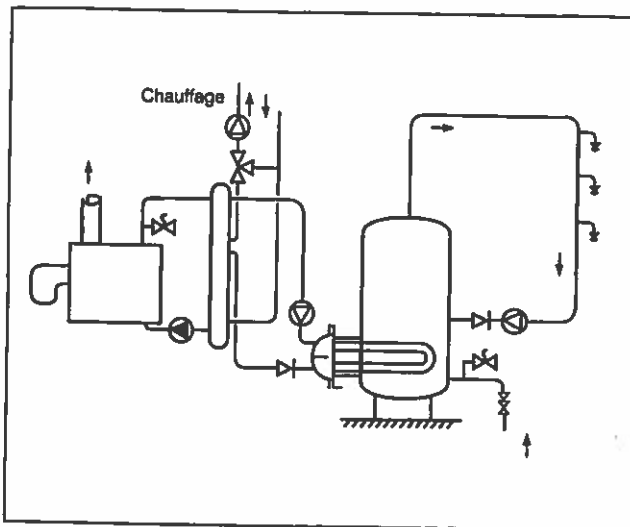


Figure 11. Semi-accumulation.

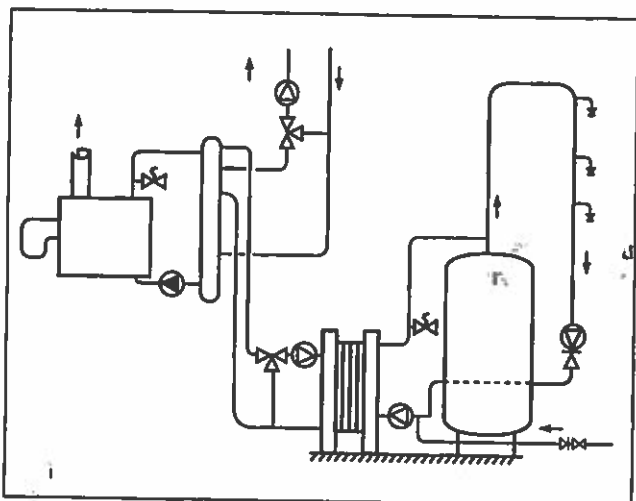


Figure 10. Semi-instantané.

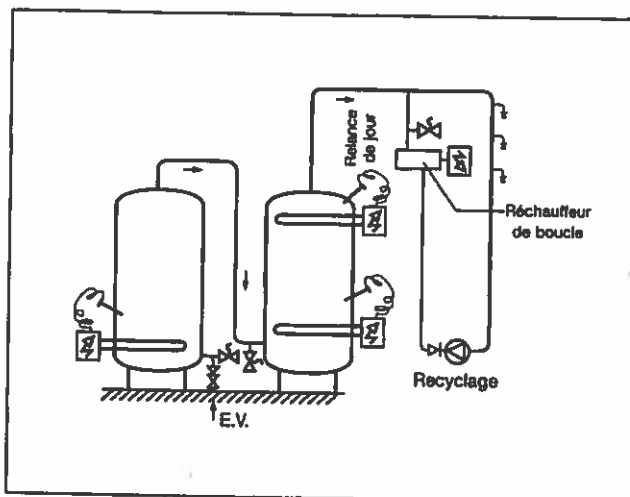


Figure 12. Accumulation.

#### 14. Représentation graphique des couples "puissance du préparateur - capacité tampon" nécessaires

Voir figure 13.

Quel que soit le type de préparateur, la courbe est continue.

Les cassures (2) et (3) de la courbe correspondent aux limites qu'impose chaque technique ("instantané", "semi-instantané", "semi-accumulation", "accumulation").

##### Point (1) :

Lorsque la capacité est égale à 0, la puissance du préparateur sera la puissance maximale instantanée nécessaire pour assurer les besoins d'ECS pendant la pointe maximale journalière (pointe des "10 minutes"). Le point (1) représente le **préparateur instantané**.

##### Entre point (1) et point (2) :

La pointe maximale des "10 minutes" est assurée par la puissance instantanée du préparateur et le puisage de l'eau chaude accumulée dans le réservoir tampon.

##### Point (2) :

Ce point correspond à la puissance minimale possible d'un préparateur "instantané". Après la pointe des 10 minutes, le préparateur doit rester capable d'assurer le reste de la consommation d'ECS de la tranche de "T heures maxi".

A cette puissance "**P.SI mini**", correspond une capacité "**Ca.SI maxi**".

##### Point (3) :

Ce point correspond à la puissance minimale possible d'un préparateur "semi-accumulation" : après la consommation de "T heures maxi", le préparateur doit rester capable d'assurer la production d'ECS de la "2<sup>ème</sup> tranche de T heures" pendant laquelle seront consommés 15 % de la consommation journalière.

T heure 2<sup>ème</sup> tranche = T heures 1<sup>ère</sup> tranche.

A cette puissance "**P.SA mini**" correspond une capacité "**Ca.SA maxi**".

##### Point (4) :

Ce point correspond à une capacité de 24 heures de consommation d'ECS et à la puissance minimale possible du préparateur : cette puissance, **P.A mini**, est juste suffisante pour chauffer en 24 heures toute la capacité "**Ca.A maxi**".



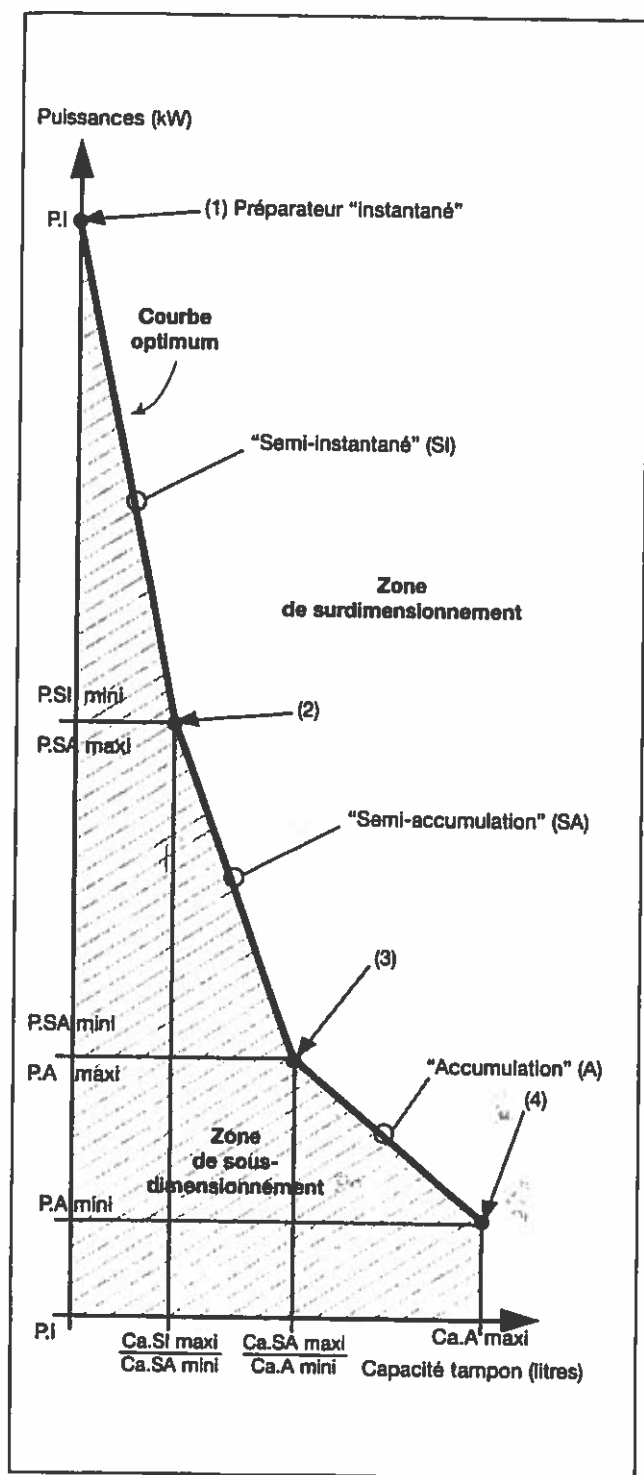


Figure 13.

## 15. Méthode de calcul d'une production d'ECS

Quel que soit le type d'installation nécessitant une production d'ECS, la méthode de calcul sera toujours la même :

- ▷ Détermination des besoins.
- ▷ Choix de la technique de production.
- ▷ Calcul du couple "puissance - capacité".

### 15.1. Pour les installations "modulaires" (appartements, hôtels, lits d'hôpitaux ou de maisons de retraite, bureaux).

Il faut, et dans l'ordre suivant pour chaque installation :

- a) Calculer les besoins d'ECS journaliers (QJ).
- b) Calculer la durée de la tranche de consommation de pointe journalière (T heures).
- c) Déterminer le "coefficient de simultanéité" (S) en fonction du nombre de "modules ECS" (nombre de logements, de chambres d'hôtel, de lits d'hôpital, de lavabos dans les bureaux).
- d) Calculer la consommation "instantanée", pendant les 10 minutes de pointe maximale par jour. Ce débit instantané maximal permettra également de choisir le diamètre des tuyauteries de distribution d'ECS.
- e) Choisir la technique de production : il faut calculer la puissance et la capacité tampon du matériel choisi.

#### Nota :

Il peut être nécessaire, pour choisir une technique de production, de calculer toutes les options possibles et comparer les avantages et les inconvénients de chacune d'elles.

Dans ce cas, il faut :

- 1) Déterminer un préparateur **"INSTANTANÉ"** : calculer sa puissance.
- 2) Déterminer un préparateur **"SEMI-INSTANTANÉ"** :
  - Capacité maximale utile du réservoir tampon (Ca.SI maxi)
  - Puissance minimale du préparateur (P.SI mini) correspondant à cette capacité maximale
  - Puissance à installer en fonction de la capacité choisie, ou bien, capacité à installer en fonction de la puissance imposée du préparateur (P.SI et Ca.SI).
- 3) Déterminer un préparateur **"SEMI-ACCUMULATION"** :
  - Capacité maximale utile du réservoir tampon (Ca.SA maxi)
  - Puissance minimale du préparateur correspondant à cette capacité maximale (P.SA mini)
  - Puissance à installer en fonction de la capacité choisie, ou bien, capacité à installer en fonction de la puissance imposée du préparateur (P.SA et Ca.SA)
- 4) Déterminer un préparateur **"ACCUMULATION"** :
  - Capacité maximale utile du réservoir tampon (Ca.A maxi)
  - Puissance minimale du préparateur (P.A mini) correspondant à cette capacité maximale
  - Puissance à installer, en fonction de la capacité choisie, ou bien, capacité à installer en fonction de la puissance imposée du préparateur (P.A et Ca.A)
- 5) Calculer le **"RECYCLAGE"** nécessaire (Débit de la pompe de boucle, puissance du réchauffeur de boucle ou puissance éventuelle à ajouter à la puissance du préparateur).

### 15.2. Détermination du préparateur pour les installations "spéciales" (autres que "modulaires", voir chapitre 3 § 7)

Il faut :

- a) Réaliser un graphique d'estimation sur 24 heures des périodes de consommation et des débits d'ECS correspondants.

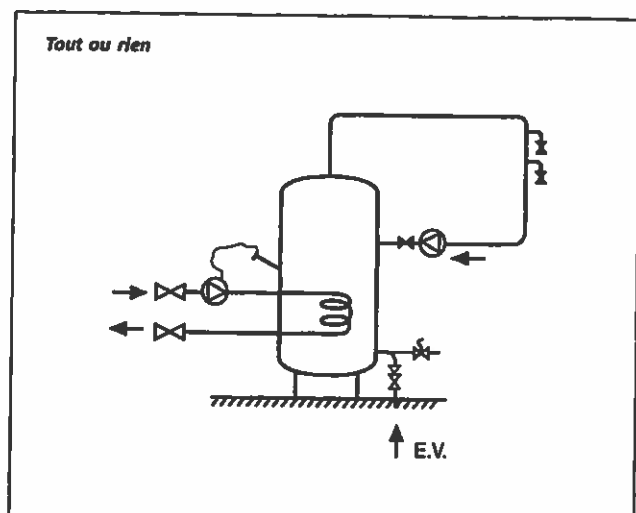


Figure 14.

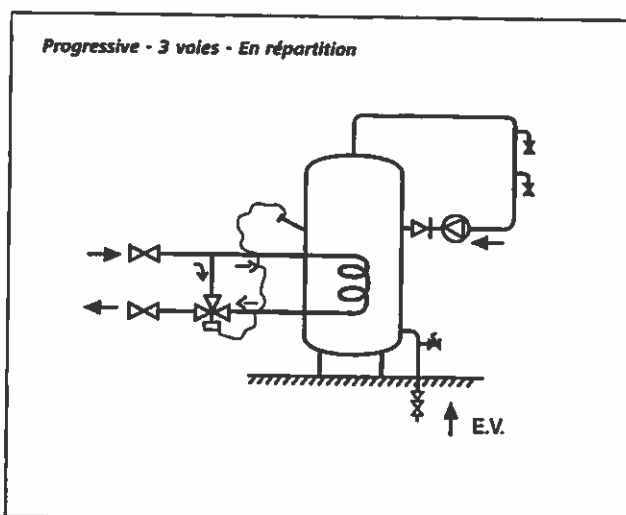


Figure 16.

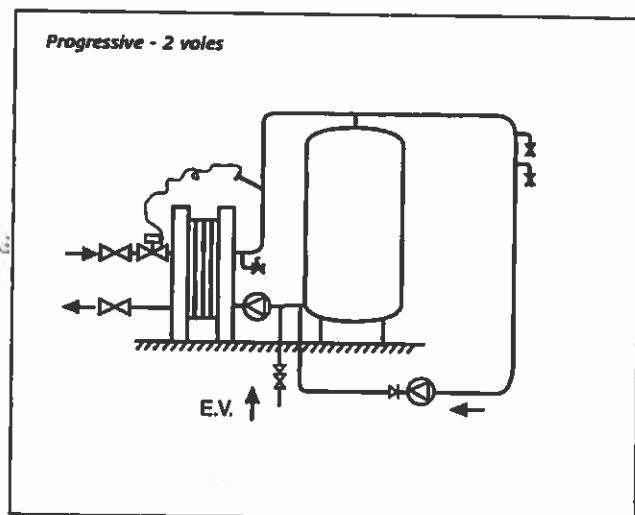


Figure 15.

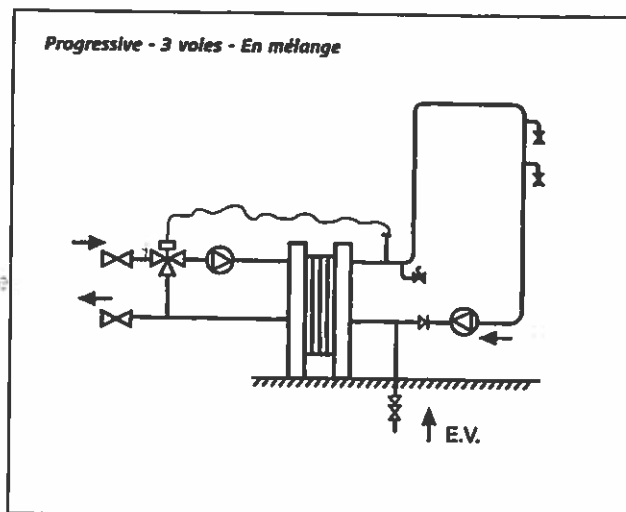


Figure 17.

b) Ajouter à ce graphique les périodes de chauffage possibles de l'ECS (exemple : périodes des tarifs "heures creuses" pour les ballons électriques - Heures de fonctionnement possibles d'un récupérateur d'énergie...).

c) En déduire le couple "réservoir nécessaire-puissance nécessaire" pour couvrir tous les besoins d' ECS pendant toutes les périodes de consommation de la journée.

d) Calculer le **"RECYCLAGE"** nécessaire (Débit de la pompe de boucle, puissance du réchauffeur de boucle ou puissance éventuelle à ajouter à la puissance du préparateur).

#### Nota :

Si une installation de distribution d'ECS doit desservir à la fois des "modules standard" (appartements, chambres d'hôtel...) et des points de puisage "spéciaux" (commerces, douches collectives...), il faut :

- Déterminer séparément un préparateur pour les installations "modulaires", et un préparateur pour les installations "spéciales".
- Comparer les temps d'utilisation dans une journée pour voir s'il y a un risque de simultanéité des besoins.

- **Pour toutes les consommations pouvant être simultanées** : additionner les puissances des 2 préparateurs nécessaires et les capacités tampons prévues.

#### EXEMPLES :

- Immeuble d'habitation, avec en rez-de-chaussée, un salon de coiffure et un restaurant : il y a un risque de cumul des consommations d'ECS et il est préconisé d'additionner les besoins.

- Un hôtel avec restauration : les besoins en ECS pour l'hôtel et pour le restaurant ne seront pas simultanés. Il faut calculer les besoins d'ECS séparément et ne retenir que le préparateur le plus important en puissance et en capacité tampon (généralement, les consommations d'ECS pour les chambres sont nettement supérieures aux besoins d'ECS pour la cuisine).

### 16. Régulation sur le primaire des échangeurs ECS

#### 16.1. Régulation "tout ou rien"

L'emploi de ce type de régulation est limité (figure 14) :

➤ aux préparateurs à forte inertie : "semi-accumulation" ou "accumulation",

▷ aux préparateurs peu sensibles à l'entartrage avec une température primaire dans l'échangeur supérieure à 75 °C.

(Exemples : échangeurs tubulaires en serpentins, en faisceaux droits ou en épingles).

Une régulation tout ou rien ne convient pas aux échangeurs à plaques alimentés avec un primaire supérieur à 75 °C.

## 16.2. Régulation progressive 2 voies

Ce type de régulation convient (figure 15) :

▷ aux préparateurs "semi-accumulation" ou "accumulation", avec pour primaire de la vapeur BP. La régulation peut être très lente (type thermostatique),

▷ aux préparateurs "instantanés" ou "semi-instantanés", à condition que :

- le primaire soit toujours à basse température (< 75 °C)
- la régulation soit du type "rapide" : course totale en 30 secondes environ.

## 16.3. Régulation progressive 3 voies

a) En "répartition" (figure 16) : Ce type de régulation ne peut être utilisé que pour :

- les préparateurs "semi - accumulation" ou "accumulation" peu sensibles à l'entartrage.
- les installations où le primaire doit rester à débit constant.

b) En "mélange" (figure 17), avec débit constant au primaire dans l'échangeur. Ce type de régulation permet de limiter la température du primaire dans l'échangeur et ainsi de limiter le

risque d'entartrage. Une vanne 3 voies en mélange convient parfaitement aux échangeurs à plaques. La régulation doit être rapide (course de la vanne en 30 secondes environ).

La circulation au secondaire dans l'échangeur doit être permanente pour toujours irriguer la sonde de régulation placée sur le départ ECS. L'installation doit donc être équipée d'une pompe de recyclage.

### Nota :

Pour le calcul des  $k_v$  des vannes de régulation : voir chapitre 4, § 9.

## 17. Préparateur d'ECS "Semi-instantané" avec accumulation d'énergie sur le "primaire"

Si l'on utilise un ballon de stockage rempli d'eau de ville, ce ballon sera, surtout en partie basse, un nid où peuvent se développer les légionelles parmi les boues, le calcaire et les dépôts de rouille. Ces légionelles peuvent ensuite continuellement ensemençer tout le réseau de distribution d'ECS.

Pour éviter ce risque, une solution très efficace consiste à remplacer le ballon de stockage d'ECS par un ballon de même capacité, placé sur le primaire. Ce ballon est rempli d'eau de chauffage chauffée progressivement à 90 °C, sans que la puissance appelée nécessaire dépasse la puissance théorique d'un préparateur d'ECS classique "semi-instantané" (figure 18).

Le volume du ballon sur le primaire sera sensiblement le même qu'un ballon d'ECS classique "semi-instantané" lorsque la distribution primaire sera à 90 °C : la puissance accumulée sur le

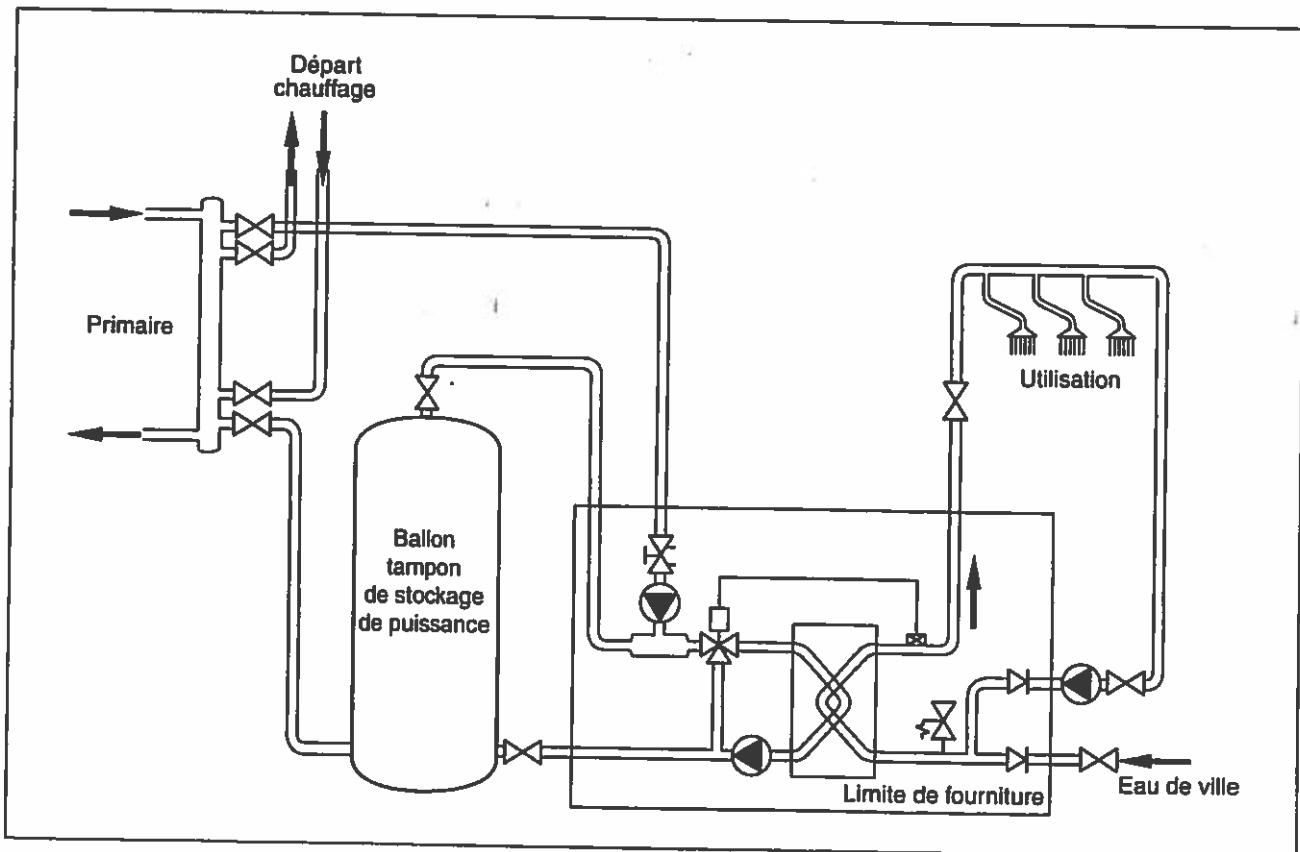


Figure 18.

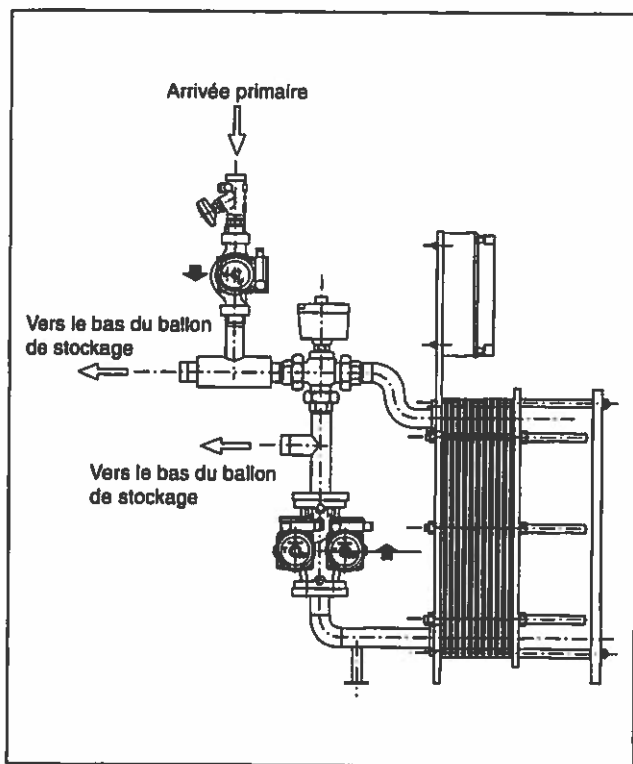


Figure 19.

primaire pour absorber les pointes de consommations (90/45 °C), sera la même que la puissance accumulée dans un ballon d'ECS "semi-instantané" classique (10/55 °C).

Dans le cas où la distribution primaire est inférieure à 90 °C ou que le fonctionnement du préparateur sera déterminé en basse température, le calcul de la capacité primaire se fera en fonction de la puissance à accumuler dans le ballon.

Exemple :

Soit un primaire disponible avec un régime 70/35 °C ( $\Delta T = 35$  °C)

- Les besoins de l'installation seraient de 400 kW, avec un préparateur type "instantané" ( $P_{\text{inst}}$  en kW) et la durée de la pointe est de 10 min (10/60 = 1/6 h).

La chaudière existante a une puissance  $P_c$  de 170 kW.

- Il faut donc que le ballon d'accumulation sur le primaire puisse fournir pendant 10 min un appoint de :  $(P_{\text{inst}} - P_c) / 6$ .

- Pour assurer cet appoint, il faut un ballon d'accumulation sur le primaire, de :

$$\frac{P_{\text{inst}} (\text{kW}) - P_c (\text{kW})}{6} \times \frac{860}{\Delta t}$$

Soit dans cet exemple :

$$\frac{400 - 170}{6} \times \frac{860}{35} = 941,9 \text{ litres, soit } 1\,000 \text{ litres.}$$

**Les autres avantages d'une accumulation sur le primaire sont :**

▷ Ballon en acier noir, sans revêtement intérieur, sans les risques de corrosions qu'entraîne l'eau de ville.

▷ Ballon sans trou d'homme de visite : aucun entretien particulier n'est à prévoir.

▷ La pression de service maxi du ballon sur primaire n'est que de 4 ou 6 bar, égale à la pression de tarage des soupapes de sûreté du primaire.

**La même technique peut être utilisée pour une production d'ECS par énergie solaire :**

L'énergie fournie par les panneaux solaires est stockée sous forme d'eau chaude primaire, à une température maxi de 105 °C. En aval, l'eau de ville sera régulée à 55 °C maxi dans un échangeur à plaques type "instantané", sans aucun stockage d'eau de ville. Cette technique est particulièrement recommandée pour toutes les productions d'ECS solaire dans les campings ou hôtels par exemple : l'énergie solaire disponible et les consommations d'ECS sont très variables, voire nulles certains jours, ce qui augmente notablement le risque de développement de légionelles (figure 19). ■

# Chapitre 2

## CHIFFRES-CLÉS D'UNE PRODUCTION D'ECS

### 1. Les consommations d'ECS par "point de puisage"

Un "point de puisage" est un robinet alimenté en eau chaude sanitaire (robinet de lavabo, de douche, d'évier etc.). Les données statistiques usuellement utilisées sont indiquées dans le tableau 1.

### 2. Les consommations d'ECS des installations modulaires (appartements, chambres d'hôtel, lits d'hôpitaux ou de maisons de retraite, bureaux)

ensemble de points de puisage (lavabos + douches + baignoires + bidets + évier) susceptibles d'être régulièrement utilisés par un groupe de personnes identifiables : il s'agit des locaux d'un appartement, des clients d'une chambre d'hôtel, un lit d'hôpital ou de maison de retraite, des employés d'un bureau, etc.

Type d'installation ECS	Un MODULE ECS équivaut à :
Habitations	1 appartement
Hôtels	1 chambre
Bureaux	1 groupe de 10 employés
Hôpitaux - Maisons de retraite	1 lit

On appelle "**MODULE**", en consommation d'ECS, un Ces "modules" sont aussi appelés "unités de puisage".

ECS à 55 °C

	Unité	Consommation par jour (litres)	Débit nominal instantané	
			(litres / minute)	(litres / seconde)
Lavabo individuel, Bidet	1 robinet eau chaude	40	6	0,1
Lavabo collectif	1 robinet manuel 1 jet	240 (2 fois 20 min/j) 120 (2 fois 20 min/j)	6 3	0,05
Baignoire	1 baignoire	120	20	0,33
Douche individuelle	1 douche	80	15	0,25
Douche collective	1 douche	300 (1 fois 30 min/j)	10	0,16
Bac, Evier	1 robinet eau chaude	60	12	0,2
Restaurant : 1 à 50 repas 51 à 100 101 à 500 + de 501	1 repas  Machine à laver la vaisselle	10 x n repas x Nb de services 8 x n repas x Nb de services 6 x n repas x Nb de services 5 x n repas x Nb de services 4 litres / repas	Par poste de puisage ECS : 10	0,16
Lingerie	1 machine à laver alimentée en eau chaude sanitaire	10 à 20 l/kg de linge. 200 à 340 l/j, par machine, suivant le type de machine et utilisation	25	0,4
Salon coiffure	1 shampoing	15 l / shampoing	6	0,1

Tableau 1.

**Rappel :** Entre plusieurs modules, les consommations ne vont pas être toutes synchronisées mais étalées sur une tranche de "T heures" et le débit instantané total sera modéré par un coefficient de simultanéité "S", comme nous le verrons plus loin.

#### Nota :

Si la consommation d'ECS peut être synchronisée entre tous les points de puisage (ex. : douches de gymnase, douches collectives d'internat, etc.) il faut utiliser une méthode de détermination adaptée : voir "Les installations spéciales", chapitre 3, § 7.

### 3. Consommations d'ECS par "module ECS"

Les données statistiques généralement utilisées avec une température d'eau de 55 °C, figurent dans le **tableau 2**.

#### Exemple :

Soit une clinique de 1 000 m<sup>2</sup> de surface, comprenant 50 lits et 1 soignant par lit :

Pour une clinique similaire de 88 lits, on aurait :

Lits = 80 x 50 = 40 000

Baignoires = 120 x 5 = 600

Lavabos soignants = 40 x 10 = 400

Lavage sol : 1 000 m<sup>2</sup> x 0,1 = 100

QJ Total = 5 100 l/j

$$QJ = \frac{5100}{50} \times 88 = 8\,976 \text{ l/jour}$$

### 4. Les besoins journaliers d'ECS de "N" modules d'une installation

$$QJ = \sum [Q_m \left[ \frac{\text{l/jour}}{\text{d'un module}} \right] \times N \left[ \frac{\text{nombre de modules}}{\text{de modules}} \right] \times K]$$

Le coefficient K est soit K1, K2, K3, K4 suivant l'application. Ils sont définis ci-après.

### 5. Les coefficients K

**K1 :** pour simplifier le calcul, on peut convertir les "modules ECS existants" en "modules ECS standard" : le F4 pour des appartements, la chambre d'hôtel 2<sup>nd</sup> pour les hôtels.

Dans ce cas, les coefficients K1 sont donnés dans le **tableau 3**.

#### Remarque :

Dans les hôtels, comme dans les hôpitaux, la tranche de consommation ECS de pointe de "T heures" n'est pas simultanée avec la consommation de pointe pour la restauration, la buanderie et le lavage des sols. Il faut donc calculer séparément :

- les consommations par lit ou par chambre,
- les consommations secondaires (restaurant, etc).

**K2 :** pour un hôtel où la fréquentation est toujours inférieure à 100 %, un coefficient modérateur peut être appliqué.

Ce coefficient K2 éventuel peut être de 0,9 ou 0,8 (minimum)

**K3 :** pour les logements, un coefficient "de standing" doit être appliqué (**tableau 4**).

**K4 :** coefficients de température de stockage et de distribution.

Pour déterminer un préparateur ECS, il faut réaliser tous les calculs avec une température d'eau de 55 °C, puis appliquer le coefficient K4 pour le calcul (**tableau 5**) :

- des diamètres de tuyauteries
- de la capacité du ballon de stockage.

#### EXEMPLES :

A) Soit un immeuble de logements composé de :

30 F2 + 20 F4 + 10 F5

Niveau de standing : élevé

ECS à 55 °C

Les besoins journaliers sont les suivants :

$$QJ = \left[ \frac{(30 \times 180 \times 0,88)}{K1} + \frac{(20 \times 180 \times 1)}{K1} + \frac{(10 \times 180 \times 1,26)}{K1} \right] \times 1,2 \times 1 \times K3 \times K4$$

$$= 12\,744 \text{ litres / jour}$$

"180" est la consommation journalière d'un F4 (module ECS "standard") (**tableau 2**)

B) Soit un hôtel de 50 chambres type 3<sup>nd</sup>

Restaurant de 80 couverts / jour maxi

Occupation pouvant être de 100 %

ECS à 50 °C

Les besoins journaliers d'eau à 55 °C sont les suivants :

▷ QJ chambres :

50 x 120 x 1,33 = 7 980 litres / jour à 55 °C.

120 = consommation journalière d'une chambre d'hôtel 2<sup>nd</sup> (module ECS "standard")

1,33 = coefficient K1 (**tableau 3**)

Avec une eau chaude sanitaire à 50 °C, les besoins deviennent :

QJ chambres x K4

soit 7 980 x 1,12 = 8 938 l/j

LOGEMENTS	K1 équivalence F4	HOTELS (chambres)	K1 équivalence 2 <sup>nd</sup>
Studio	0,53	1 <sup>er</sup>	0,75
F1 / F2	0,88	2 <sup>nd</sup>	1 (Qm = 120 litres/j)
F3 / F4	1 (Qm = 180 litres/j)	3 <sup>rd</sup>	1,33
F5 / F6	1,26	4 <sup>th</sup>	1,66
F7 / F8	1,52	Sportif (Sports hiver)	2

Tableau 3.

Niveaux de standing du logement	Coefficients K3
Bas	0,9
Normal	1
Élevé (logement de luxe)	1,2
A forte occupation (foyers,...)	1,5

Tableau 4.

Températures ECS	Coefficients K4
80	0,65
70	0,75
60	0,93
55	1
50	1,12
45	1,28
40	1,5

Tableau 5.

Types de modules	Détail des points de puisage composant un module	Consommation par jour par module (litres)	Débit nominal instantané	
			litres / minute	litres / seconde
<b>LOGEMENTS :</b>				
Studio	1 douche + 1 évier	95	15	0,25
F1 / F2	1 baig. sabot + 1 évier	160	20	0,33
F3 / F4	1 baig. + 1 év. + 1 lav.	180	20	0,33
F5 / F6	1 baig. + 1 év. + 1 lav.	225	23	0,38
F7 / F8	1 baig. + 1 év. + 2 lav.	270	27	0,45
<b>HÔTELS :</b> (Sans restauration)				
Chambre *	Par ch. : 1 douche	90	15	0,25
Chambre **	Par ch. : 1 baignoire	120	20	0,33
Chambre ***	Par ch. : 1 baignoire	160	20	0,33
Chambre ****	Par ch. : 1 baignoire	200	20	0,33
Hôtel pour sportifs (sports hiver) :		240 (Hôtel 2** multiplié par 2)	20	0,33
<b>RESTAURATION :</b> 1 à 50 couverts 51 à 100 couverts 101 à 500 couverts + de 501 couverts Machine à laver	Pour l'ensemble des points de puisage	10 par couvert 8 par couvert 6 par couvert 5 par couvert 4 par couvert Sol : 0,1/m²/service	12 litres par point de puisage d'ECS	0,2 litre par point de puisage d'ECS
<b>BUREAUX :</b> (Un module = 10 employés)	1 lavabo	40	6	0,1
<b>ETABLISSEMENTS DE SANTÉ :</b> (hors buanderie) (un module = 1 lit)	1 lavabo par lit + 1 baignoire pour 10 lits + 1 lavabo pour 5 soignants (avec 1 soignant pour 2 lits) + Lavage sol :	80 par lit 120 par baignoire 40 par lavabo  0,1 par m²	8 20 6	0,13 0,33 0,1
<b>DIVERS :</b>				
Foyer (Chambre individuelle)	Par chambre (Lavabos + douches)	65	15	0,25
Maison de retraite	Par lit (Lavabos + douches)	44	15	0,25
Caserne, internat	Par personne (hors restaurant et buanderie)	33	15	0,25
Usine (vestiaire)	Par personne (hors process)	22	15	0,25
Ecoles	Par personne (Lavabos)	5	15	0,25
Buanderie d'hôtel	Par chambre (3 kg linge)	23	20	0,33
Camping	Par emplacement 3 *** / 4 ****	55 / 65	15	0,25
Gymnase et terrain de sports	Par sportif utilisateur	33	15	0,25

Tableau 2.

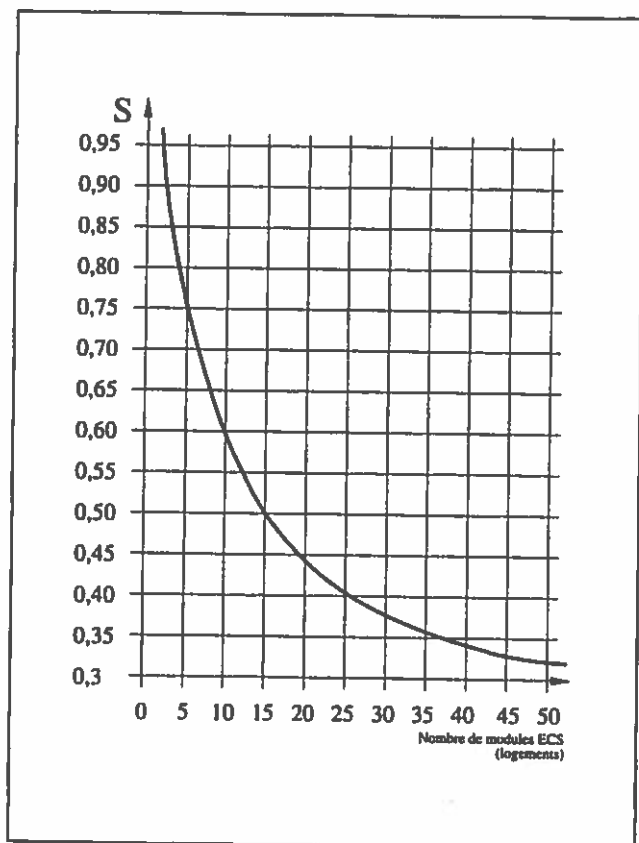


Figure 1. Coefficient de simultanéité S, de 0 à 50 modules ECS.

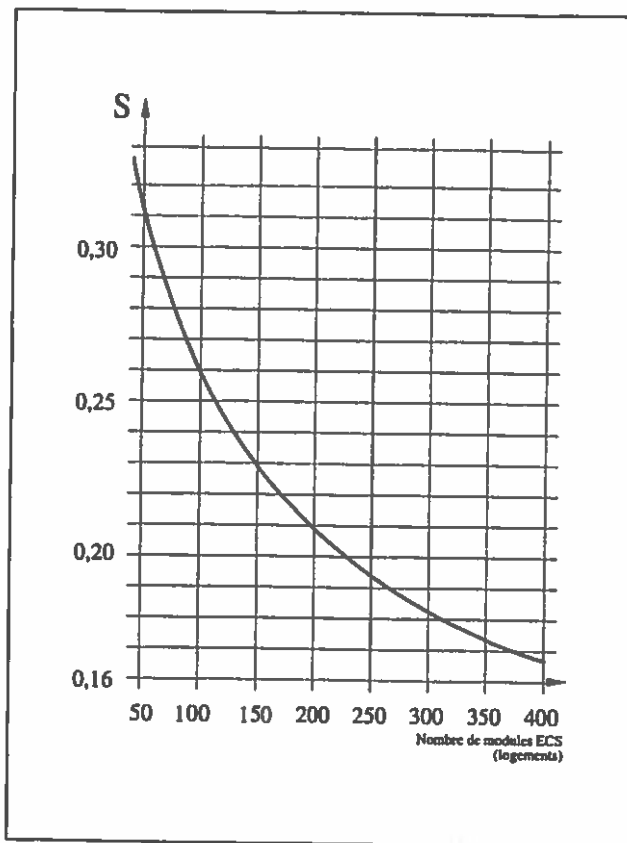


Figure 2. Coefficient de simultanéité S, de 50 à 400 modules ECS.

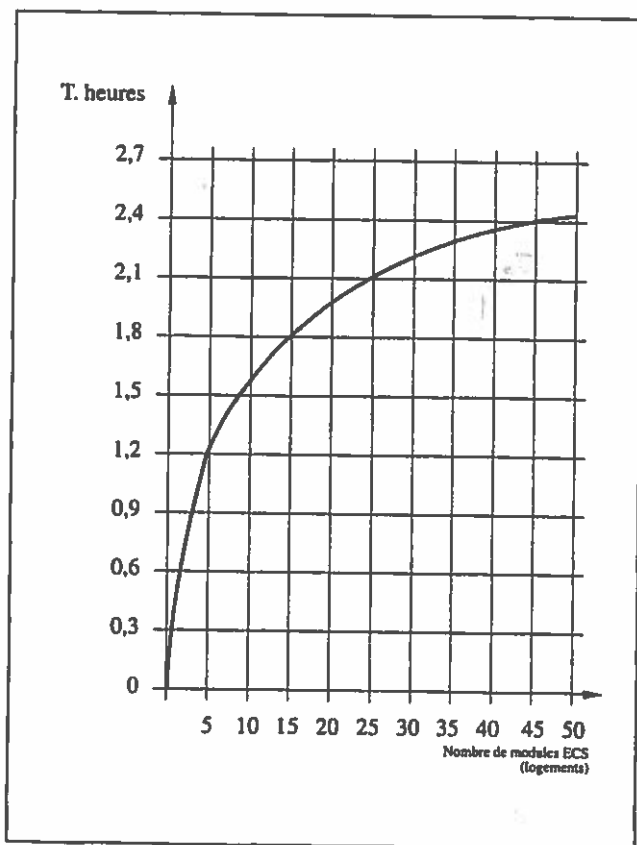


Figure 3. "T heures" de 0 à 50 modules ECS.

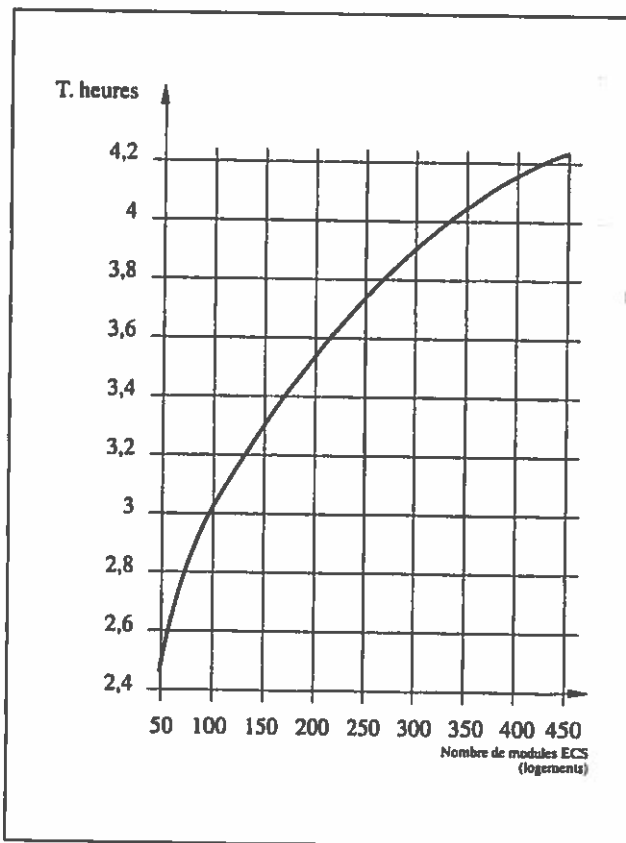


Figure 4. "T heures" de 50 à 450 modules ECS.



▷ QJ restaurant :

$$(80 \times 8) (\text{repas}) + (80 \times 4) (\text{machine}) = 960 \text{ litres/jour.}$$

Avec une eau chaude sanitaire à 50 °C, les besoins deviennent :

QJ restaurant x K4

$$\text{soit } 960 \times 1,12 = 1075 \text{ l/J}$$

La consommation d'ECS pour les repas n'est pas synchronisée avec la consommation des chambres. On retiendra la consommation la plus élevée, c'est-à-dire celle des chambres.

## 6. Le coefficient de simultanéité S

Dès que plusieurs modules ECS (ou unités de puisage) sont raccordés sur un même réseau de distribution, la probabilité que tous les appareils soient en fonctionnement simultanément à un instant donné est nulle. Un coefficient de minoration, appelé coefficient de simultanéité S, permet de calculer un débit de pointe d'ECS proche de la réalité. Il évite le surdimensionnement inutile de l'installation tout en permettant aux habitants d'un immeuble par exemple, de ne pas manquer d'eau chaude, même le dimanche matin !

Le calcul du coefficient de simultanéité S est effectué avec les formules suivantes :

• Dans le logement :

$$S = \frac{1}{(N-1)^{0,321}}$$

• Dans l'hôtellerie, hôpitaux, bureaux... :

$$S = \frac{1}{(N-1)^{0,221}}$$

$$\text{avec } i = \frac{N-1}{N+1}$$

N = Nombre de modules ECS (voir définition du module § 2).

## 7. Calcul de la durée de la tranche de consommation de pointe "T heures"

Nous avons vu, figure 8 du chapitre 1, que les courbes de consommation d'ECS des habitations, hôpitaux, maisons de retraite, hôtels ou bureaux, présentaient toujours une période de consommation élevée caractéristique.

Pendant cette tranche maximale de "T heures", sont consommés :

- ▷ 65 % de la consommation journalière, pour les habitations
- ▷ 78 % de la consommation journalière, pour les hôtels, hôpitaux, bureaux...

Le calcul de la durée de la tranche maximale "T heures" est effectué avec les formules suivantes :

• Dans le logement

$$T = \frac{N^{0,889}}{(N+1)^{0,65}}$$

• Dans l'hôtellerie, hôpitaux, bureaux... :

$$T = \frac{N^{0,878}}{(N+1)^{0,70}}$$

N = Nombre de modules ECS (voir définition du module § 2).

**Exceptions importantes :**

- ▷ Complexes sportifs : T = 0,5 heure maxi et S = 1
- ▷ Hôtels et hôpitaux : T = 2 heures maxi et S = 0,25 mini
- ▷ Collectivités, internats : T = 1 heure maxi et S = 1

## 8. Récapitulatif des coefficients de simultanéité S et durées de la tranche "T heures"

Les figures 1 et 2 donnent sous forme graphique les mêmes coefficients S, jusqu'à 400 modules, pour les logements. Les figures 3 et 4 donnent sous forme graphique les mêmes durées de la tranche "T heures" jusqu'à 450 modules, pour les logements.

Les tableaux 6 et 7 page suivante donnent respectivement pour les logements d'une part et les hôtels, hôpitaux, bureaux, d'autre part, la valeur du coefficient de simultanéité S et celle de la durée de la tranche "T heures" en fonction du nombre de modules ECS.

**Nota :**

- Pendant la tranche de consommation de pointe "T heures", on puise :
  - ▷ 65 % de la consommation journalière des logements.
  - ▷ 78 % de la consommation journalière des hôtels.
- Immédiatement après, seconde tranche de "T heures", avec 15 % de la consommation journalière
- Les consommations restantes sont puisées de façon aléatoire pendant le reste de la journée.
- Consommation pendant la pointe des 10 min de débit maxi :
  - ▷ 55 % du débit de pointe des logements, soit 36 % de la consommation du débit journalier.
  - ▷ 50 % du débit maxi des hôtels, soit 39 % du débit journalier.

Nombre modules d'ECS	T	S	Nombre modules d'ECS	T	S	Nombre modules d'ECS	T	S	Nombre modules d'ECS	T	S
2	0,9	1	80	2,827	0,278	260	3,768	0,191	600	4,608	0,148
5	1,305	0,758	85	2,870	0,273	280	3,836	0,187	620	4,644	0,146
10	1,630	0,583	90	2,910	0,268	300	3,900	0,183	640	4,680	0,145
15	1,832	0,500	95	2,949	0,263	320	3,961	0,179	660	4,715	0,144
20	1,982	0,450	100	2,987	0,259	340	4,020	0,176	680	4,748	0,142
25	2,104	0,415	110	3,057	0,251	360	4,075	0,173	700	4,782	0,141
30	2,207	0,389	120	3,123	0,244	400	4,180	0,167			
35	2,297	0,368	130	3,185	0,238	420	4,229	0,165			
40	2,376	0,352	140	3,243	0,232	440	4,277	0,163			
45	2,449	0,338	150	3,298	0,227	460	4,323	0,160			
50	2,515	0,326	160	3,350	0,223	480	4,367	0,158			
55	2,575	0,315	170	3,400	0,218	500	4,411	0,156			
60	2,632	0,306	180	3,447	0,215	520	4,452	0,154			
65	2,685	0,298	200	3,536	0,208	540	4,493	0,153			
70	2,735	0,291	220	3,619	0,201	560	4,532	0,151			
75	2,782	0,284	240	3,696	0,196	580	4,571	0,149			

Tableau 6. Logements.

Nombre modules d'ECS	T	S	Nombre modules d'ECS	T	S	Nombre modules d'ECS	T	S	Nombre modules d'ECS	T	S
2	0,85	1	70	2	0,44	170	2	0,36	480	2	0,30
5	1,17	0,83	75	2	0,43	180	2	0,36	480	2	0,29
10	1,41	0,70	80	2	0,43	200	2	0,35	500	2	0,29
15	1,55	0,63	85	2	0,42	220	2	0,34	520	2	0,29
20	1,65	0,59	90	2	0,42	240	2	0,34	540	2	0,29
25	1,73	0,56	95	2	0,41	260	2	0,33	560	2	0,28
30	1,79	0,53	100	2	0,41	300	2	0,32	580	2	0,28
35	1,85	0,51	110	2	0,40	320	2	0,32	600	2	0,28
40	1,90	0,50	120	2	0,39	340	2	0,31	620	2	0,28
45	1,94	0,48	130	2	0,38	360	2	0,31	640	2	0,28
50	1,98	0,47	140	2	0,38	400	2	0,30	660	2	0,27
55	2	0,46	150	2	0,37	420	2	0,30	700	2	0,27
60	2	0,45	160	2	0,37	440	2	0,30			

Tableau 7. Hôtels, hôpitaux, bureaux.

# Chapitre 3

## SÉLECTION

### DES PRÉPARATEURS D'ECS

#### 1. Les préparateurs "instantanés" pour installations "modulaires"

##### 1.1. Définition

L'appareil doit être capable de chauffer en continu, de 10 °C (température moyenne de l'eau froide entrant dans le réseau) à 55 °C, le volume d'ECS consommé pendant la pointe maximale journalière. Cette pointe la plus caractéristique a une durée estimée à 10 minutes (voir chapitre 1, figure 8) pour les installations modulaires (habitations, hôpitaux, maisons de retraite, hôtels, bureaux).

On rappelle que la pointe maxi de 10 minutes est égale à :

▷ 36 % de la consommation journalière pour les logements, corrigée par le coefficient de simultanéité S ;

▷ 39 % de la consommation journalière pour les hôtels, hôpitaux, bureaux, maisons de retraite, corrigée par le coefficient de simultanéité S.

Le volume d'eau consommé pendant ces 10 minutes ( $V_{10}$ ) est égal à :

$$V_{10} (\%) \times Q_m \times N \times S$$

$Q_m$  : consommation d'un module, tenant compte des coefficients correcteurs K (voir chapitre 2 § 5). Pour le calcul des puissances,  $Q_m$  doit être le débit d'eau à 55 °C.

N : Nombre de modules

S : Coefficient de simultanéité (voir chapitre 2 § 6)

$V_{10}$  : 36 % pour les logements et 39 % pour les hôtels.

##### • Consommation pendant la pointe maxi de 10 minutes :

▷ Logements :

$$55 \% \text{ de } Q \times "T \text{ heures}" \times S$$

soit :

$$Q (10 \text{ min}) = 0,36 \times Q_m \times N \times S$$

▷ Hôtels, hôpitaux, maisons de retraite, bureaux...

$$50 \% \text{ de } Q \times "T \text{ heures}" \times S$$

soit :

$$Q (10 \text{ min}) = 0,39 \times Q_m \times N \times S$$

##### • Débit instantané en litres / heure pendant la pointe maxi de 10 min :

Il est obtenu en multipliant les résultats précédents par 6 :  
(Rappel : 6 x 10 min = 1 heure !)

▷ Logements :

$$Q \text{ inst. (l/h)} = 0,36 \times Q_m \times N \times S \times 6 \\ = 2,16 \times QJ \times N \times S$$

▷ Hôtels, hôpitaux, maisons, de retraite, bureaux...

$$Q \text{ inst. (l/h)} = 0,39 \times QJ \times N \times S \times 6 \\ = 2,34 \times QJ \times N \times S$$

C'est ce débit instantané, en litres / heure, qui permettra de déterminer le diamètre des tuyauteries du réseau.

##### EXEMPLES :

Reprenons les exemples types définis dans le chapitre 2 § 5 :

A) Logements : 30 F2 + 20 F4 + 10 F5,

Standing élevé

ECS 55 °C,

S = 0,306

K3 = 1,2

QJ = 12 744 litres/jour

Débit instantané sur 10 minutes :

$$Q (10 \text{ min}) = 0,36 \times 12744 \times 0,306 \\ = 1404 \text{ litres}$$

soit

$$Q \text{ inst. (l/h)} = 2,16 \times 12744 \times 0,306 \\ = 8423 \text{ litres/heure en pointe} \\ = 8,42 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Le diamètre préconisé du départ d'ECS sera, pour 8,42 m³/h, de 65 mm (voir chapitre 4, tableaux 2 et 3).

B) Hôtel : 50 chambres type 3\*\*\*

ECS à 50 °C,

S = 0,47,

K1 = 1,33

K4 = 1,12

$$\begin{aligned}
 QJ &= Q_m \times N \times K1 \times K4 \\
 &= 120 \times 50 \times 1,33 \times 1,12 \\
 &= 8938 \text{ litres/jour à } 50^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

La valeur de QJ à 55 °C est de :  $120 \times 50 \times 1,33 = 7980 \text{ l/j}$

Débit instantané sur 10 minutes :

$$\begin{aligned}
 Q (10\text{min}) &= 0,39 \times 8938 \times 0,47 \\
 &= 1638 \text{ litres/10 min}
 \end{aligned}$$

soit

$$\begin{aligned}
 Q \text{ inst. (l/h)} &= 2,34 \times 8938 \times 0,47 \\
 &= 9830 \text{ litres/heure en pointe} \\
 &= 9,83 \text{ m}^3/\text{h à } 50^\circ\text{C}.
 \end{aligned}$$

L'ECS étant à 50 °C et non 55 °C, la température "standard" de calcul, le débit devient à 55 °C :

$$Q \text{ (l/h)} \text{ à } 50^\circ\text{C}/K4 = \frac{9830}{1,12} = 8777 \text{ l/h à } 55^\circ\text{C}$$

Le diamètre préconisé du départ d'ECS sera, pour 9,83 m³/h (eau à 50 °C), de 65 mm (voir chapitre 4, tableaux 2 et 3).

## 1.2. Calcul d'un préparateur "instantané" PI de puissance P inst., pour installation "modulaire"

La puissance instantanée du préparateur, en kW, est égale à :

$$P \text{ inst.} = \frac{Q \text{ inst.} \times (55 - 10)}{860} = Q \text{ inst.} \times \frac{45}{860}$$

Q inst. : débit instantané (litres/heure)

55 : Température de l'ECS (°C)

10 : Température de l'eau de ville (°C)

soit avec un débit d'ECS à 55 °C :

▷ Logements :

$$P \text{ inst. (kW)} = 0,113 \times Q_m \times N \times S$$

$$\text{avec } 0,113 = \frac{(55 - 10)}{860} \times 0,36 \times 6$$

▷ Hôtel - Hôpital - Bureaux - Maison de retraite

$$P \text{ inst. (kW)} = 0,122 \times Q_m \times N \times S$$

$$\text{avec } 0,122 = \frac{(55 - 10)}{860} \times 0,39 \times 6$$

Un préparateur "instantané" est calculé pour la pointe des 10 minutes les plus contraignantes de la journée. Il pourra donc satisfaire sans problèmes les besoins du reste de la journée.

### EXEMPLES :

Reprenons les exemples précédents :

A) Logements :

Le coefficient de simultanéité S pour (30 + 20 + 10) logements est 0,306

$$P \text{ (kW)} = 0,113 \times 12744 \times 0,306 = 440,66 \text{ kW}$$

B) Hôtel :

Même si l'eau au point de distribution doit être à 50 °C, le calcul de la puissance s'effectue pour une eau à 55 °C. Dans ce

cas la consommation journalière d'eau à 55 °C sera de :

$$QJ \text{ à } 55^\circ\text{C} = 120 \times 50 \times 1,33 = 7980 \text{ l/jour}$$

120 : consommation journalière d'une chambre 2\*\*

50 : nombre de chambres

1,33 : coefficient K1 d'équivalence pour chambre 3\*\*\*

Le coefficient de simultanéité S pour 50 chambres est 0,47

$$P \text{ (kW)} = 0,122 \times 7980 \times 0,47 = 457,57 \text{ kW.}$$

### Nota :

Lorsque l'on ne connaît que la puissance d'un préparateur instantané existant, on peut calculer le débit de pointe, Q inst. en litres par heure (ou en m³/h) produit par ce préparateur.

Ce débit de pointe permet de choisir le diamètre de la tuyauterie de départ d'ECS.

$$Q \text{ inst.} = \frac{P \text{ inst. (kW)} \times 860}{(55 - 10)}$$

soit :

$$Q \text{ inst.} = P \text{ inst. (kW)} \times 19,11$$

Toujours dans notre exemple, nous aurons :

A) Logements :

$$Q \text{ inst.} = 440,66 \times 19,11 = 8421 \text{ litres/heure} = 8,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

d'où le diamètre préconisé : 65 mm

B) Hôtel :

$$Q \text{ inst.} = 457,57 \times 19,11 = 8744 \text{ litres/heure} = 8,7 \text{ m}^3/\text{h à } 55^\circ\text{C}$$

Pour une eau à 50 °C, on aura :

$$Q \text{ inst.} \times K4$$

$$\text{soit } 8744 \times 1,12 = 9793 \text{ l/h} = 9,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

d'où le diamètre préconisé : 65 mm (voir chapitre 4, tableau 2).

## 1.3. Conception des préparateurs "instantanés"

Dans la majorité des réalisations, le chauffage de l'ECS est réalisé grâce à des échangeurs inox à plaques démontables, des échangeurs à plaques brasées, ou des échangeurs tubulaires. Dans l'échangeur, la température du fluide primaire doit être limitée à environ 75 °C, pour éviter l'entartrage rapide.

La régulation sur le primaire se fera "par mélange" avec pompe de charge, ou "par répartition".

● La régulation par mélange est préconisée lorsque la température d'arrivée du primaire peut dépasser 75 °C ou lorsque l'échangeur est sensible à l'entartrage (figure 1).

### Avantages :

- Contrôle du "choc thermique" dans l'échangeur (moindre risque d'entartrage).
- Maîtrise de l'énergie primaire.

### Inconvénients :

- Débit variable au primaire
- Régulation onéreuse

### Utilisations :

- Echangeurs à plaques
- Préparateurs sur réseau de chauffage 90/70 °C.

$$QJ = Qm \times N \times K1 \times K4$$

$$= 120 \times 50 \times 1,33 \times 1,12$$

$$= 8938 \text{ litres/jour à } 50^\circ\text{C}$$

La valeur de QJ à 55 °C est de :  $120 \times 50 \times 1,33 = 7980 \text{ l/j}$

Débit instantané sur 10 minutes :

$$Q (10\text{min}) = 0,39 \times 8938 \times 0,47$$

$$= 1638 \text{ litres/10 min}$$

soit

$$Q \text{ inst. (l/h)} = 2,34 \times 8938 \times 0,47$$

$$= 9830 \text{ litres/heure en pointe}$$

$$= 9,83 \text{ m}^3/\text{h à } 50^\circ\text{C}.$$

L'ECS étant à 50 °C et non 55 °C, la température "standard" de calcul, le débit devient à 55 °C :

$$Q (l/h) \text{ à } 50^\circ\text{C/K4} = \frac{9830}{1,12} = 8777 \text{ l/h à } 55^\circ\text{C}$$

Le diamètre préconisé du départ d'ECS sera, pour 9,83 m³/h (eau à 50 °C), de 65 mm (voir chapitre 4, tableaux 2 et 3).

## 1.2. Calcul d'un préparateur "instantané" P<sub>i</sub> de puissance P inst., pour installation "modulaire"

La puissance instantanée du préparateur, en kW, est égale à :

$$P \text{ inst.} = \frac{Q \text{ inst.} \times (55 - 10)}{860} = Q \text{ inst.} \times \frac{45}{860}$$

Q inst. : débit instantané (litres/heure)

55 : Température de l'ECS (°C)

10 : Température de l'eau de ville (°C)

soit avec un débit d'ECS à 55 °C :

▷ Logements :

$$P \text{ inst. (kW)} = 0,113 \times Qm \times N \times S$$

$$\text{avec } 0,113 = \frac{(55 - 10)}{860} \times 0,36 \times 6$$

▷ Hôtel - Hôpital - Bureaux - Maison de retraite

$$P \text{ inst. (kW)} = 0,122 \times Qm \times N \times S$$

$$\text{avec } 0,122 = \frac{(55 - 10)}{860} \times 0,39 \times 6$$

Un préparateur "instantané" est calculé pour la pointe des 10 minutes les plus contraignantes de la journée. Il pourra donc satisfaire sans problèmes les besoins du reste de la journée.

### EXEMPLES :

Reprenons les exemples précédents :

A) Logements :

Le coefficient de simultanéité S pour (30 + 20 + 10) logements est 0,306

$$P (kW) = 0,113 \times 12744 \times 0,306 = 440,66 \text{ kW}$$

B) Hôtel :

Même si l'eau au point de distribution doit être à 50 °C, le calcul de la puissance s'effectue pour une eau à 55 °C. Dans ce

cas la consommation journalière d'eau à 55 °C sera de :

$$QJ \text{ à } 55^\circ\text{C} = 120 \times 50 \times 1,33 = 7980 \text{ l/jour}$$

120 : consommation journalière d'une chambre 2\*\*

50 : nombre de chambres

1,33 : coefficient K1 d'équivalence pour chambre 3\*\*\*

Le coefficient de simultanéité S pour 50 chambres est 0,47

$$P (kW) = 0,122 \times 7980 \times 0,47 = 457,57 \text{ kW}.$$

### Nota :

Lorsque l'on ne connaît que la puissance d'un préparateur instantané existant, on peut calculer le débit de pointe, Q inst. en litres par heure (ou en m³/h) produit par ce préparateur.

Ce débit de pointe permet de choisir le diamètre de la tuyauterie de départ d'ECS.

$$Q \text{ inst.} = \frac{P \text{ inst. (kW)} \times 860}{(55 - 10)}$$

soit :

$$Q \text{ inst.} = P \text{ inst. (kW)} \times 19,11$$

Toujours dans notre exemple, nous aurons :

A) Logements :

$$Q \text{ inst.} = 440,66 \times 19,11 = 8421 \text{ litres/heure} = 8,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

d'où le diamètre préconisé : 65 mm

B) Hôtel :

$$Q \text{ inst.} = 457,57 \times 19,11 = 8744 \text{ litres/heure} = 8,7 \text{ m}^3/\text{h à } 55^\circ\text{C}$$

Pour une eau à 50 °C, on aura :

$$Q \text{ inst.} \times K4$$

$$\text{soit } 8744 \times 1,12 = 9793 \text{ l/h} = 9,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

d'où le diamètre préconisé : 65 mm (voir chapitre 4, tableau 2).

## 1.3. Conception des préparateurs "instantanés"

Dans la majorité des réalisations, le chauffage de l'ECS est réalisé grâce à des échangeurs inox à plaques démontables, des échangeurs à plaques brasées, ou des échangeurs tubulaires. Dans l'échangeur, la température du fluide primaire doit être limitée à environ 75 °C, pour éviter l'entartrage rapide.

La régulation sur le primaire se fera "par mélange" avec pompe de charge, ou "par répartition".

• La régulation par mélange est préconisée lorsque la température d'arrivée du primaire peut dépasser 75 °C ou lorsque l'échangeur est sensible à l'entartrage (figure 1).

### Avantages :

- Contrôle du "choc thermique" dans l'échangeur (moindre risque d'entartrage).
- Maîtrise de l'énergie primaire.

### Inconvénients :

- Débit variable au primaire
- Régulation onéreuse

### Utilisations :

- Echangeurs à plaques
- Préparateurs sur réseau de chauffage 90/70 °C.

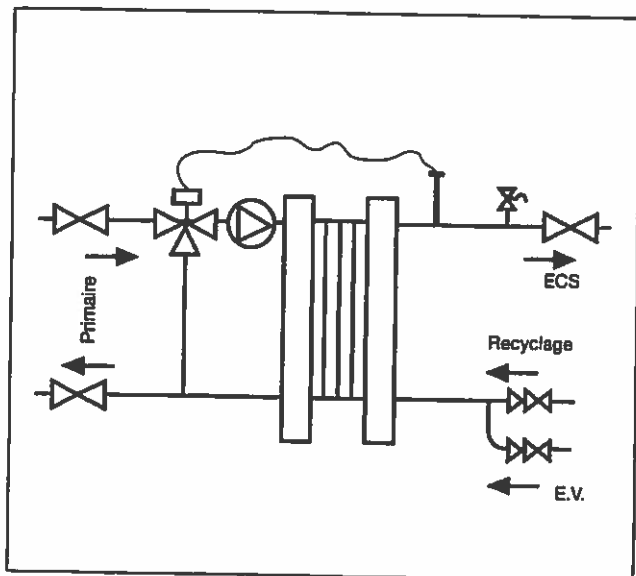


Figure 1. Régulation par mélange.

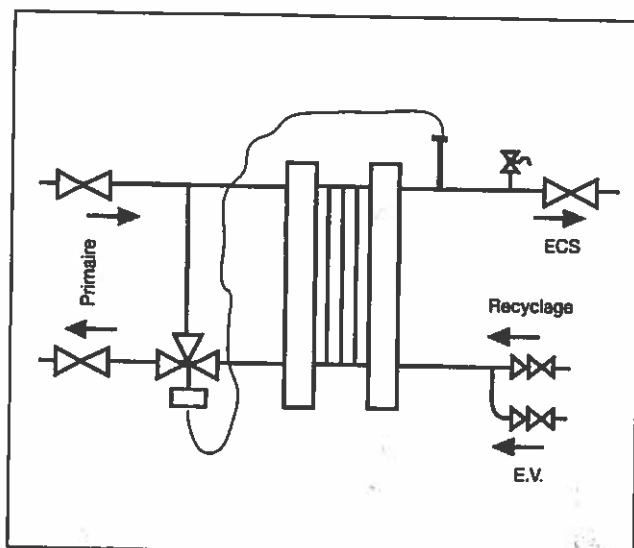


Figure 2. Régulation par répartition.

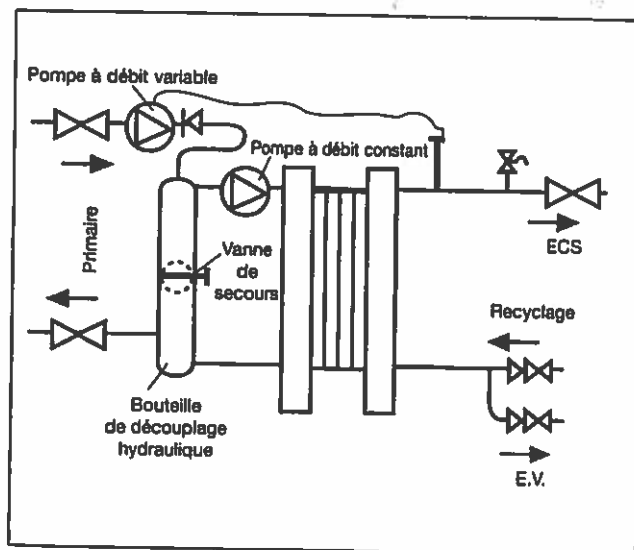


Figure 3. Régulation par mélange avec pompe à débit variable.

• **La régulation par répartition** est utilisée lorsque l'échangeur réglé est peu sensible à l'entartrage (échangeur tubulaire), ou lorsque la température d'arrivée du primaire est toujours garantie inférieure à 75 °C (figure 2).

**Avantages :**

- Régulation simple, fiable, économique.
- Maîtrise de l'énergie primaire
- Débit constant au primaire

**Inconvénient :**

- Risque d'entartrage de l'échangeur

**Utilisations :**

- Ballons avec serpentin immergé
- Echangeurs tubulaires
- Chaudières basse température.

• **Variante de régulation par mélange** : il est possible de réaliser une régulation par mélange grâce à une pompe à vitesse et débit variables (figure 3).

**Avantages :**

- Régulation possible sans pression différentielle disponible au primaire
- Simplicité.

**Nota :**

La puissance nécessaire au recyclage (déperditions par la boucle) ne doit pas être additionnée à la puissance instantanée du préparateur. Par contre, l'existence d'une "pompe de recyclage" est indispensable pour assurer l'irrigation minimale de l'échangeur. Si la pompe de boucle n'existe pas ou si le maintien en température est réalisé par "cordon chauffant", il est nécessaire d'installer un préparateur "SEMI-INSTANTANÉ".

#### 1.4. Préparateurs d'ECS instantanés avec primaire haute température ( $t > 110\text{ °C}$ ) et pour les locaux autres que ceux recevant du public

(voir chapitre 1 § 4)

Sur les installations utilisant au primaire de la vapeur HP, ou de l'eau surchauffée, les préparateurs "instantanés" à plaques sont déconseillés.

Il faut installer des systèmes à "double échange" (voir chapitre 4, figure 28) et des préparateurs du type "semi-instantané" dont la régulation primaire n'a pas besoin d'être rapide, et à très faible inertie.

## 2. Les préparateurs "semi-instantanés" (SI) pour installations "modulaires"

### 2.1. Définition

Un système "semi-instantané" est un préparateur d'ECS équipé d'une capacité de stockage. Ce type de préparateur permet, avec le débit instantané de l'échangeur, d'accompagner la capacité de stockage pendant les pointes de consommation maximale de la journée. La durée de ces pointes maximales est de 10 minutes (voir chapitre 1, figure 8).

Pendant les 10 minutes de pointe, la consommation d'ECS est satisfaite à la fois par la puissance instantanée du préparateur et par le pulsage dans le réservoir tampon d'ECS.

Lorsque le réservoir tampon est vide, le préparateur doit encore pouvoir assurer le reste de la consommation pendant la pointe journalière de "T heures".

#### Formules :

• Débit d'ECS, Q en litres, à fournir après la pointe des 10 minutes :

▷ Logements :

$$Q = Q_m \times N \times (0,65 - 0,36.S)$$

▷ Hôtels, bureaux, hôpitaux :

$$Q = Q_m \times N \times (0,78 - 0,39.S)$$

Ce débit d'ECS est à fournir en :

$$T \text{ heures} = \frac{10}{60}$$

soit

$$T \text{ heures} = 0,166$$

aussi bien pour les logements, que les hôtels, hôpitaux, maisons de retraite, bureaux.

• Puissance minimale du préparateur instantané.

$$P = \frac{Q \times \frac{45}{860}}{T - 0,166}$$

aussi bien pour les logements que les hôtels, hôpitaux, maisons de retraite, bureaux.

## 2.2. Calcul d'un préparateur semi-instantané pour installation "modulaire"

Avec :

- T : Durée de la tranche de "T heures" de consommation de pointe, en heures.
- S : Coefficient de simultanéité
- Q<sub>m</sub> : Consommation journalière par "MODULE ECS" (on rappelle que la consommation journalière doit être calculée pour de l'eau à 55 °C)
- N : Nombre de "MODULES ECS" alimentés par le préparateur.
- P.SI mini : Puissance minimale possible du préparateur d'ECS "semi-instantané", en kW.
- P.SI : Puissance du préparateur d'ECS "SI" en kW, équipé d'un réservoir tampon de capacité "Ca.SI".
- Ca.SI : Capacité, en litres, du réservoir tampon d'ECS du préparateur SI, de puissance P.SI, en kW.
- Ca.SI maxi : Capacité maxi, en litres, d'un préparateur SEMI-INSTANTANÉ équipé d'un échangeur de puissance minimale possible, P.SI mini, en kW.

$$0,0523 = \frac{(55 - 10)}{860}$$

$$0,314 = \frac{(55 - 10)}{860} \times \frac{60}{10}$$

▷ Logements

$$P.SI \text{ mini (kW)} = \frac{0,0523 \times Q_m \times N \times [0,65 - (0,36 \times S)]}{T - 0,166}$$

▷ Hôtels - hôpitaux - bureaux - maisons de retraite

$$P.SI \text{ mini (kW)} = \frac{0,0523 \times Q_m \times N \times [0,78 - (0,39 \times S)]}{T - 0,166}$$

À une P.SI mini, correspond une capacité maxi :

▷ Logements

$$Ca.SI \text{ maxi (litres)} = (0,36 \times Q_m \times N \times S) - \frac{P.SI \text{ mini}}{0,314}$$

$$Ca.SI \text{ maxi (litres)} = \frac{0,36 \times Q_m \times N \times [(S \times T) - 0,3069]}{T - 0,166}$$

▷ Hôtels - hôpitaux - bureaux - maisons de retraite

$$Ca.SI \text{ maxi} = (0,39 \times Q_m \times N \times S) - \frac{P.SI \text{ mini}}{0,314}$$

$$Ca.SI \text{ maxi} = \frac{0,39 \times Q_m \times N \times [(S \times T) - 0,3401]}{T - 0,166}$$

La puissance du préparateur ECS "SI", équipé d'un réservoir tampon de capacité Ca.SI est :

▷ Logements

$$P.SI \text{ (kW)} = [(0,36 \times Q_m \times N \times S) - C.SI] \times \frac{45}{860} \times \frac{60}{10}$$

▷ Hôtels - hôpitaux - bureaux - maisons de retraite

$$P.SI \text{ (kW)} = [(0,39 \times Q_m \times N \times S) - C.SI] \times \frac{45}{860} \times \frac{60}{10}$$

D'où, si l'on s'impose une capacité C.SI litres :

▷ Logements

$$P.SI = 0,314 \times [(0,36 \times Q_m \times N \times S) - C.SI]$$

▷ Hôtels - hôpitaux - bureaux - maisons de retraite

$$P.SI = 0,314 \times [(0,39 \times Q_m \times N \times S) - C.SI]$$

Ou, si l'on s'impose une puissance de P (kW)

$$Ca.SI \text{ (litres)} = (0,36 \times Q_m \times N \times S) - \frac{P}{0,314}$$

▷ Hôtels - hôpitaux - bureaux - maisons de retraite

$$Ca.SI \text{ (litres)} = (0,39 \times Q_m \times N \times S) - \frac{P}{0,314}$$

## 2.3. Schéma de raccordement d'un préparateur "semi-instantané" :

Voir schéma de la figure 4.

## 2.4. Remarque importante sur le retour de la boucle (débit et point de raccordement)

• Solution 1 (figure 5) :

La pompe de recyclage a un débit maximal inférieur ou égal aux 2/3 du débit de la pompe de charge.

Le retour de la boucle est raccordé à mi-hauteur du ballon.

Inconvénients :

Le ballon n'est que partiellement rempli d'eau à 55 °C.

L'eau froide se mélange à l'eau tiède du réservoir : l'échangeur n'est pas alimenté en eau à 10 °C et ne peut donner sa puissance nominale.

Conclusion :

**Solution déconseillée**

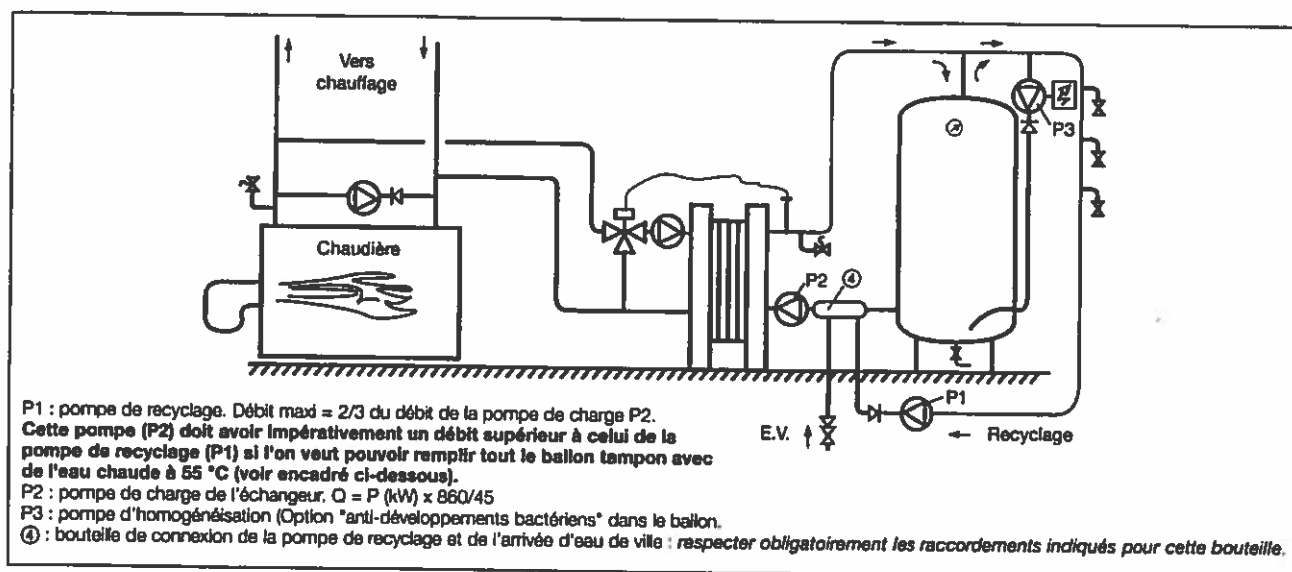


Figure 4.

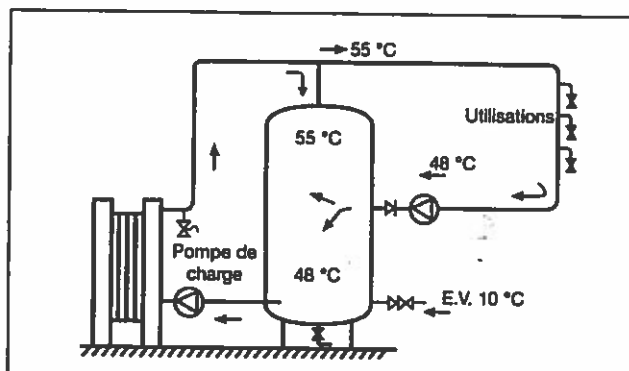


Figure 5. Solution 1, déconseillée.

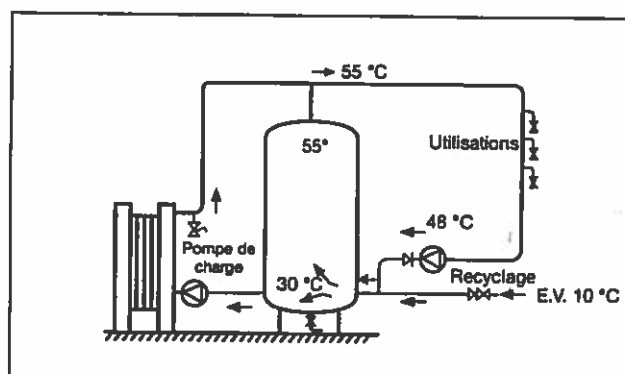


Figure 6. Solution 2, déconseillée.

#### • Solution 2 (figure 6) :

La pompe de recyclage a un débit maximal inférieur ou égal aux 2/3 du débit de la pompe de charge.

Le retour de la boucle est raccordé au point bas du ballon.

**Inconvénient :**

L'eau froide se mélange à l'eau tiède du réservoir : l'échangeur n'est pas alimenté en eau à 10 °C et ne peut donner sa puissance nominale.

**Conclusion :**

**Solution déconseillée**

#### • Solution 3 (figure 7) :

La pompe de recyclage a un débit maximal inférieur ou égal aux 2/3 du débit de la pompe de charge.

Le retour de la boucle est raccordé entre le ballon et l'entrée d'eau de ville dans le préparateur.

**Avantages :**

Cette solution permet :

- le remplissage complet du réservoir avec de l'eau à 55 °C.
- l'alimentation de l'échangeur ECS avec de l'eau à 10 °C pendant les pointes maximales : l'échangeur peut fournir alors sa puissance nominale.

**Conclusion :**

**Seule solution préconisée.**

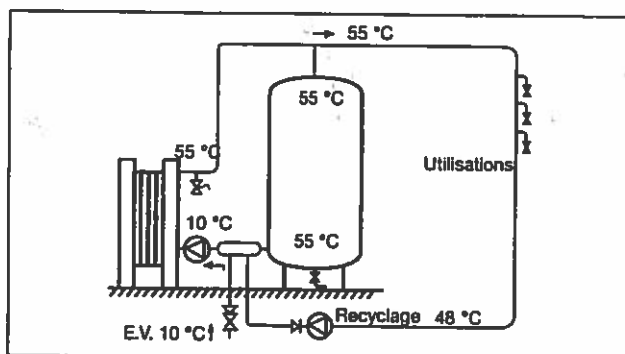


Figure 7. Solution 3, préconisée.

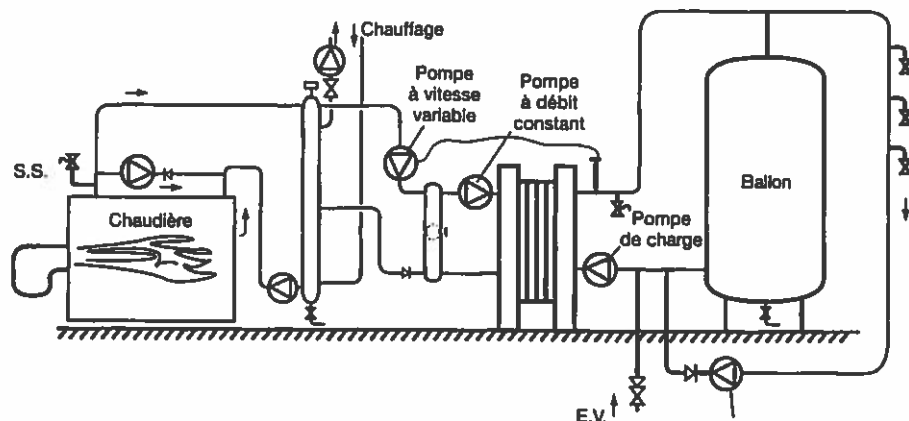
#### Remarque importante sur le débit maximal de la pompe de recyclage

Si la pompe de recyclage avait un débit égal ou supérieur au débit de la pompe de charge, la température maximale de l'eau dans le ballon tampon ne pourrait pas dépasser 30 à 37 °C au lieu des 55 °C : l'installation d'ECS ne pourrait pas donner satisfaction.

Le surdimensionnement de la pompe de recyclage par rapport à la pompe de charge est la cause principale des dysfonctionnements des préparateurs "semi-instantanés".

Si le débit de la pompe de recyclage ne peut pas être diminué (vitesse d'eau supérieure à 0,2 m/s dans toutes les colonnes de distribution), il faut prévoir un réchauffeur de boucle (ECS réchauffée à 55 °C en permanence).

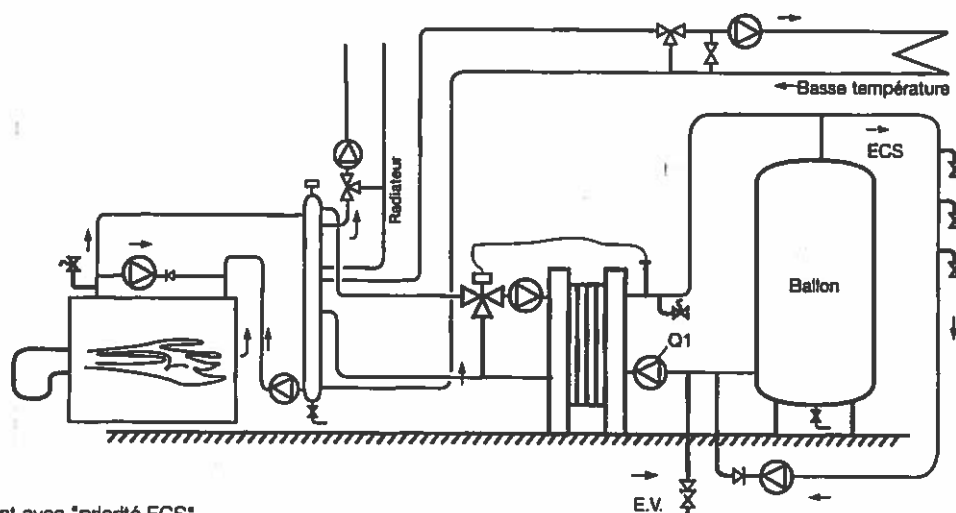




Raccordement avec "priorité ECS" et régulation du préparateur par "pompe à vitesse variable".

Débit de la pompe de recyclage  $\leq 2/3$  du débit de la pompe de charge

Figure 8.



Raccordement avec "priorité ECS" et régulation du préparateur par vanne 3 voies et réseau de chauffage de radiateurs + panneaux de sol

Débit de la pompe de recyclage  $\leq 2/3$  du débit de la pompe de charge

Figure 9.

## 2.5. Divers raccords de préparateurs d'ECS "semi-instantanés"

- Sur une bouteille de découplage hydraulique (figure 8).
- Sur une bouteille de découplage hydraulique avec réseau de chauffage basse température (figure 9).
- Avec primaire vapeur HP ou Eau Surchauffée (double échange) (figure 10).
- Préparateur semi-instantané avec plusieurs réservoirs tampon (figure 11).

## 2.6. Exemples : détermination de préparateurs semi-instantanés

Reprenons les bases de notre exemple initial (chapitre 3 § 1.1).

A) Logements : 30 F2 + 20 F4 + 10 F5.

Eau à 55 °C

N total = 60 modules

QJ = Qm x N = 12744 litres / jour

"T heures" = 2,6324 heures (voir chapitre 2, tableau 6)

S = 0,306 (voir chapitre 2, tableau 6)

• Puissance minimale possible, en kW, d'un préparateur semi-instantané :

$$P_{SI \text{ mini}} = \frac{0,0523 \times Q_m \times N \times [0,65 - (0,36 \times S)]}{T - 0,166}$$

$$= \frac{0,0523 \times 12744 \times [0,65 - (0,36 \times 0,306)]}{2,6324 - 0,166}$$

$$= 145,9 \text{ kW}$$

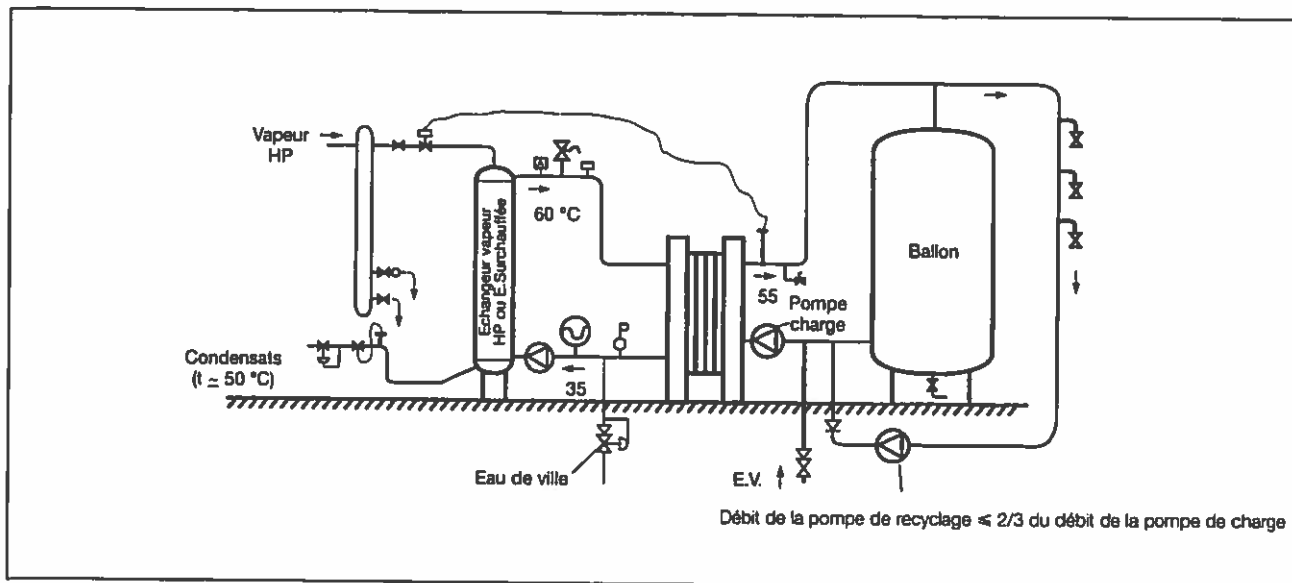


Figure 10.

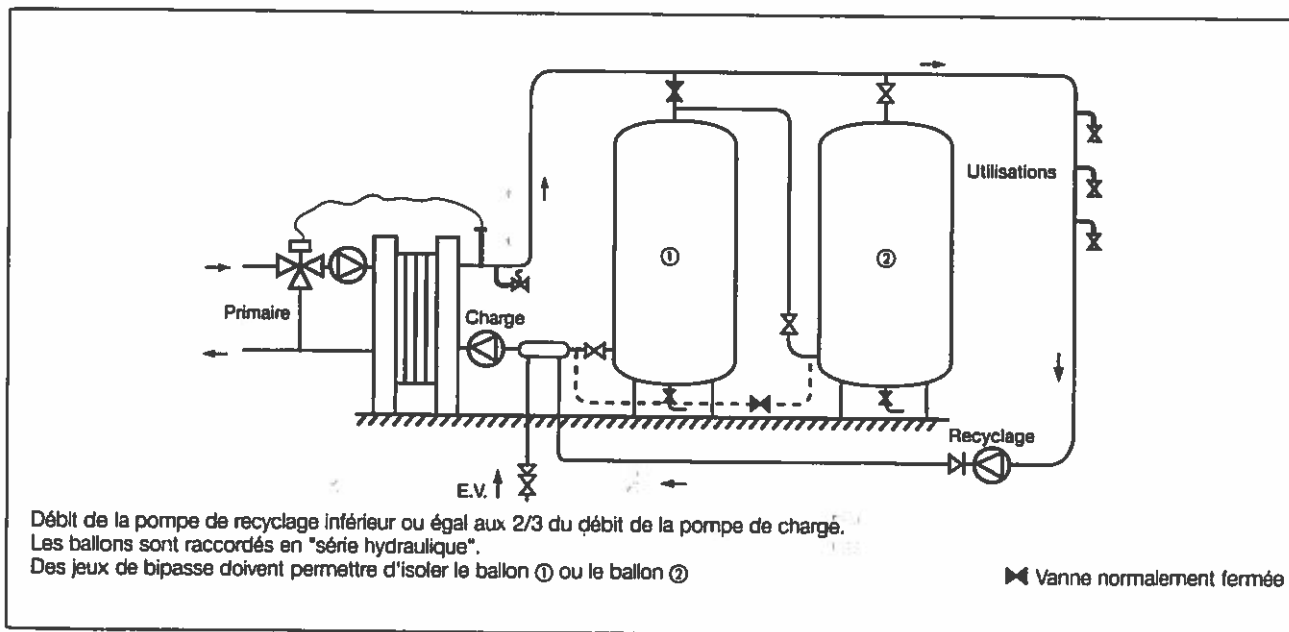


Figure 11.

- Capacité maximale, en litres, correspondant à cette puissance minimale :

$$\text{Ca.SI maxi} = \frac{0,36 \times Q_m \times N \times [(S \times T) - 0,3069]}{T - 0,166}$$

$$= \frac{0,36 \times 12744 \times [(0,306 \times 2,6324) - 0,3069]}{2,6324 - 0,166}$$

$$= 927,5 \text{ litres}$$

- Si l'on s'impose un réservoir tampon de **750 litres**, la puissance nécessaire du préparateur est :

$$\text{P.SI} = 0,306 [(0,36 \times Q_m \times N \times S) - \text{C.SI}]$$

$$= 0,306 \times [(0,36 \times 12744 \times 0,306) - 750]$$

$$= 200 \text{ kW}$$

- Si l'on s'impose une puissance maximale de **180 kW** pour le préparateur, la capacité tampon nécessaire sera de :

$$\text{Ca.SI} = (0,36 \times Q_m \times N \times S) - \frac{P}{0,314}$$

$$= (0,36 \times 12744 \times 0,306) - \frac{180}{0,314}$$

$$= 830 \text{ litres}$$

- B) Hôtel de 50 chambres 3\*\*\*.

Eau à 50 °C :  
N = 50 modules  
K4 = 1,12  
K1 = 1,33

$$QJ = Q_m \times N \times K1 \times K4 = 120 \times 850 \times 1,33 \times 1,12 \\ = 8938 \text{ litres / jour (chambres seules)}$$

Eau à 55 °C :

$$QJ = Q_m \times N \times K1 = 120 \times 50 \times 1,33 = 7980 \text{ l/J}$$

"T heures" = 1,98 heure (voir chapitre 2, tableau 7)

S = 0,47 (voir chapitre 2, tableau 7)

• Puissance minimale possible, en kW, d'un préparateur semi-instantané (rappel : utiliser QJ avec une eau à 55 °C) :

$$P.SI \text{ mini} = \frac{0,0523 \times Q_m \times N \times [0,78 - (0,39 \times S)]}{T - 0,166} \\ = \frac{0,0523 \times 7980 \times [0,65 - (0,39 \times 0,47)]}{1,98 - 0,166} \\ = 107,4 \text{ kW}$$

• Capacité maximale correspondant à cette puissance minimale :

$$Ca.SI \text{ maxi} = \frac{0,39 \times Q_m \times N \times [(S \times T) - 0,3401]}{T - 0,166} \\ = \frac{0,39 \times 7980 \times [(0,47 \times 1,98) - 0,3401]}{1,98 - 0,166} \\ = 1013 \text{ litres}$$

Pour une eau chaude sanitaire stockée à 50 °C, on retiendra donc :

$$Ca.SI \text{ maxi} = 1013 \times K4 \\ = 1013 \times 1,12 \\ = 1135 \text{ litres}$$

• Si l'on s'impose un réservoir tampon de 750 litres, la puissance nécessaire du préparateur est :  
(750 litres est le volume stocké à 50 °C, pour une eau à 55 °C la capacité équivalente est de 750/1,12 = 670 litres)

$$P.SI = 0,306 [(0,39 \times Q_m \times N \times S) - C.SI] \\ = 0,306 [(0,39 \times 7980 \times 0,47) - 670] \\ = 243 \text{ kW}$$

• Si l'on s'impose une puissance maximale de 180 kW pour le préparateur, la capacité tampon nécessaire, avec une eau à 55 °C, sera de :

$$Ca.SI = (0,39 \times Q_m \times N \times S) - \frac{P}{0,314} \\ = (0,39 \times 7980 \times 0,47) - \frac{180}{0,314} \\ = 889,5 \text{ litres}$$

Pour une eau chaude sanitaire à 50 °C, la capacité tampon nécessaire devient :

$$Ca.SI = 889,5 \times K4 \\ = 889,5 \times 1,12 \\ = 926,2 \text{ litres}$$

### 3. Les préparateurs "semi-accumulation" (SA) pour installations "modulaires"

#### 3.1. Définition

Un système en "SEMI-ACCUMULATION" est équipé d'une

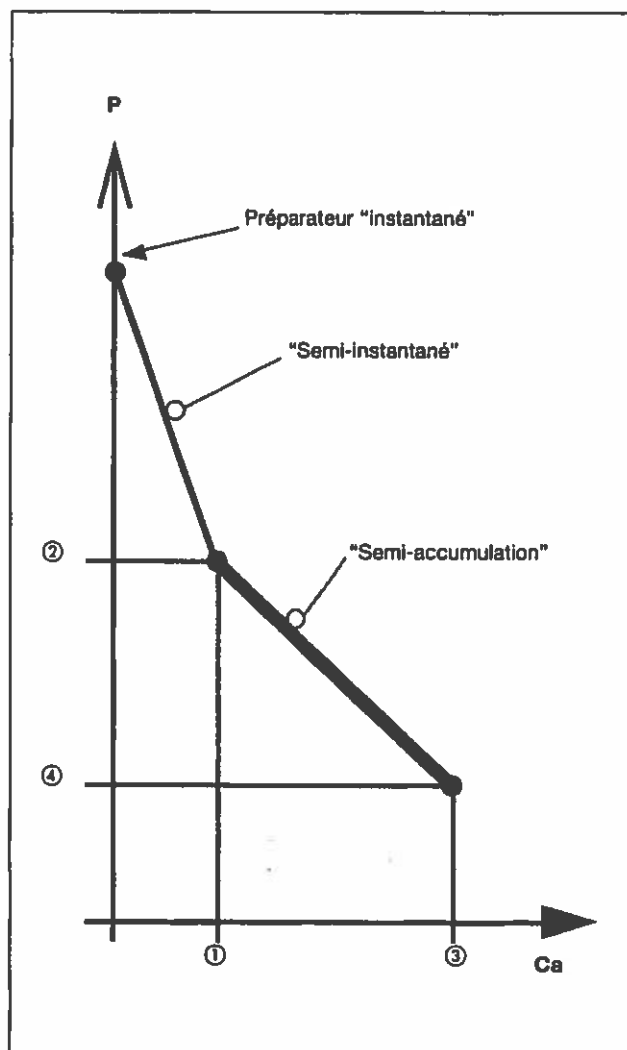


Figure 12.

capacité de stockage capable de fournir la totalité des besoins en ECS de la pointe journalière des "10 minutes", sans utiliser la puissance instantanée de l'échangeur. La capacité du réservoir tampon d'ECS à installer est donc importante (figure 12).

• La capacité **minimale** ① possible pour un préparateur "SEMI-ACCUMULATION" sera la capacité maximale d'un préparateur "SEMI-INSTANTANÉ".

Dans ce cas, la **puissance maximale** ② du préparateur "SEMI-ACCUMULATION" sera (en dehors de la puissance nécessaire pour la boucle) égale à la puissance minimale du préparateur "SEMI-INSTANTANÉ".

• La capacité **maximale** ③ d'un réservoir "SEMI-ACCUMULATION" sera égale à la quantité d'eau consommée pendant la durée totale de la tranche de "T heures" de consommation maximale journalière, diminuée du volume d'eau que peut produire l'échangeur pendant ces "T heures".

Après la tranche de "T heures", l'échangeur doit rester capable d'assurer la production de **15 % de QJ** pendant une durée minimale également de "T heures" : c'est la puissance minimale possible ④.

### 3.2. Calcul d'un préparateur "semi-accumulation"

- Puissance maximale, P.SA maxi ②, d'un préparateur semi-accumulation :

▷ Logements

La puissance maximale "semi-accumulation" est égale à la puissance minimale du préparateur semi-instantané, P.SI mini, plus le recyclage :

$$P.SA \text{ maxi} = P.SI \text{ mini} + \text{recyclage}$$

▷ Hôtels - Hôpitaux, Bureaux...

Même formule que pour les logements.

- Capacité minimale C.SA mini ①, d'un préparateur semi-accumulation :

▷ Logements

La capacité minimale est égale à la capacité maximale d'un préparateur semi-instantané

$$Ca.SA \text{ mini} = Ca.SI \text{ maxi} + \text{recyclage}$$

▷ Hôtels - Hôpitaux, Bureaux...

Même formule que pour les logements.

- Puissance minimale ④ d'un préparateur semi-accumulation

▷ Logements (eau à 55 °C) :

$$P.SA \text{ mini} = 0,15 \times (45 / 860) \times (Q_m \cdot N / T) + \text{recyclage}$$

$$P.SA \text{ mini} = \frac{0,00785 \times Q_m \times N}{T} + \text{recyclage}$$

▷ Hôtels - Hôpitaux, Bureaux...

Même formule que pour les logements.

- Capacité maximale ③ de stockage d'un préparateur semi-accumulation

▷ Logements :

$$Ca.SA \text{ maxi (litres)} = 0,5 \times Q_m \times N$$

(65 % - 15 % = 50 % de  $Q_m \times N$ )  
(voir figure 8 chapitre 1)

▷ Hôtels - Hôpitaux, Bureaux...

$$Ca.SA \text{ maxi (litres)} = 0,63 \times Q_m \times N$$

(78 % - 15 % = 63 % de  $Q_m \times N$ )  
(voir figure 8 chapitre 1)

**Formule principale :**

- Puissance d'un préparateur SA, si l'on s'impose une capacité de Ca.SA (litres) :

▷ Logements (eau à 55 °C) :

$$P.SA \text{ (kW)} = 0,0523 \times \frac{[(0,65 \times Q_m \times N) - Ca.SA]}{T} + \text{recyclage}$$

▷ Hôtels - Hôpitaux - Bureaux... (eau à 55 °C)

$$P.SA \text{ (kW)} = 0,0523 \times \frac{[(0,78 \times Q_m \times N) - C.SA]}{T} + \text{recyclage}$$

- Capacité d'un préparateur SA, si l'on s'impose une puissance de P.SA (kW) hors recyclage :

avec :

$Q_m$  : Consommation journalière par "module ECS" (eau à 55 °C)

$N$  = Nombre de modules ECS

$T$  : Durée de la tranche de "T heures" de consommation de pointe 0,0523 = 45 / 860.

▷ Logements

$$Ca.SA = 0,65 \times Q_m \times N - \frac{P.SA \times T}{0,0523}$$

▷ Hôtels - Hôpitaux - Bureaux...

$$Ca.SA = 0,78 \times Q_m \times N - \frac{P.SA \times T}{0,0523}$$

### 3.3. Conception des préparateurs "semi-accumulation"

Les préparateurs "SEMI-ACCUMULATION" sont généralement des réservoirs type "réchauffage 2 ou 3 heures" (figure 13).

La puissance du réchauffeur est égale à :

$$P \text{ (kW)} = \frac{Ca \text{ (litres)} \times 45}{860 \times 2 \text{ (ou 3)}}$$

Vérifier si le couple  $P \text{ (kW)} / Ca \text{ (litres)}$  convient ou non à l'installation.

Le primaire peut être de l'eau de chauffage ou de la vapeur BP. La régulation peut être progressive (thermostatique, électrique) ou tout ou rien (Thermostat pilotant une pompe).

Rappel : à la puissance des préparateurs "SA" calculée, il faut ajouter la puissance nécessaire au réchauffage de la boucle.

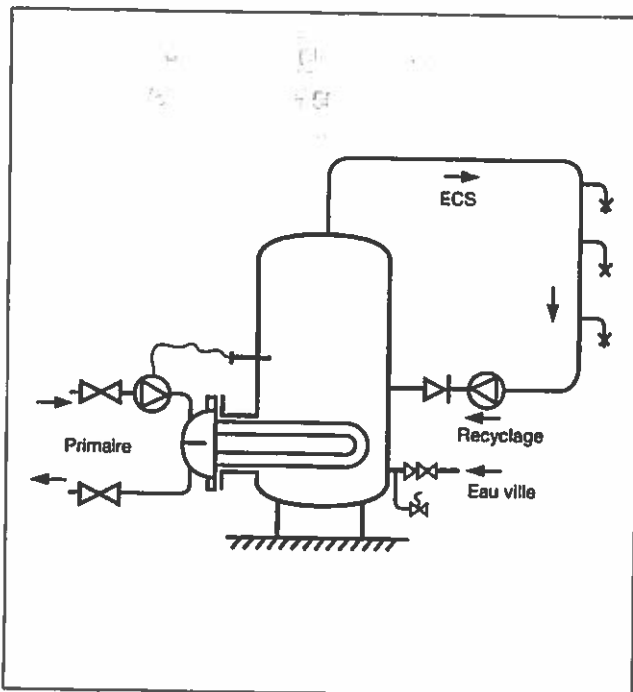
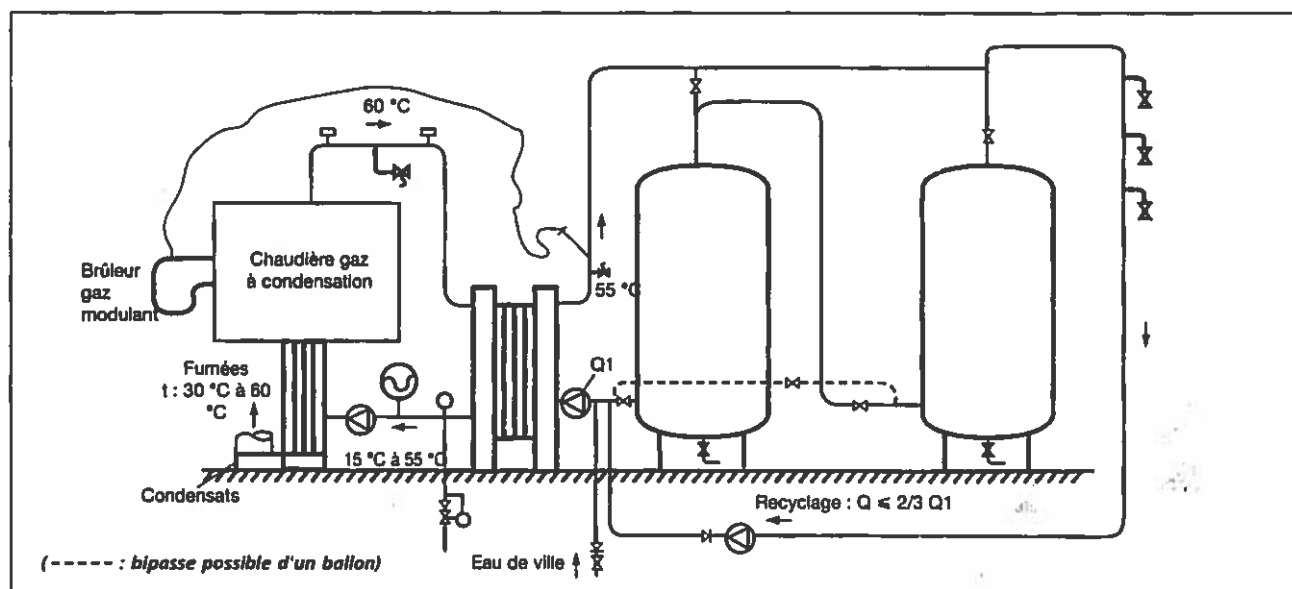
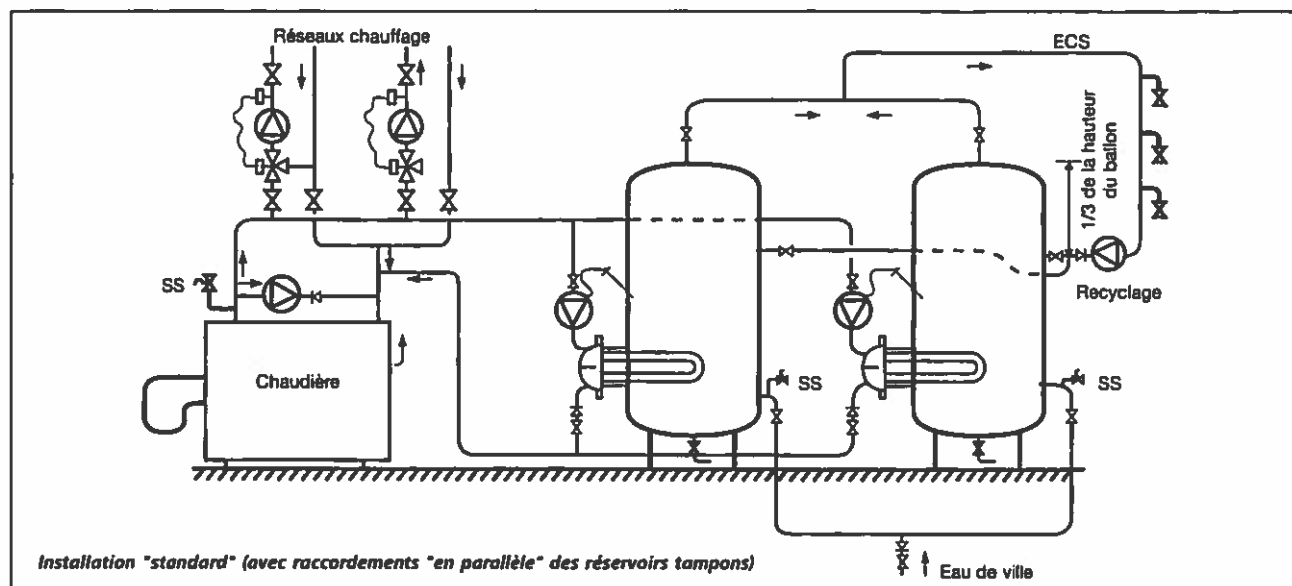


Figure 13.



- Puissance minimale

$$\begin{aligned} P.SA \text{ mini} &= 0,00785 \times \frac{Q_m \times N}{T} \\ &= 0,00785 \times \frac{12744}{2,6324} \\ &= 38 \text{ kW} + \text{recyclage} \end{aligned}$$

- Capacité maximale

$$\begin{aligned} Ca.SA \text{ maxi} &= 0,5 \times Q_m \times N \\ &= 0,5 \times 12744 \\ &= 6372 \text{ litres} \end{aligned}$$

- Si l'on s'impose un réservoir tampon de 5000 litres, la puissance nécessaire du préparateur sera de :

$$\begin{aligned} P.SA &= 0,0523 \times \frac{[(0,65 \times Q_m \times N) - Ca.SA]}{T} \\ &= 0,0523 \times \frac{(0,656 \times 12744) - 5000}{2,6324} \\ &= 85 \text{ kW (+ recyclage)} \end{aligned}$$

- Si l'on s'impose une puissance maximale de 100 kW pour l'échangeur, la capacité tampon nécessaire sera de :

$$\begin{aligned} Ca.SA &= 0,65 \times Q_m \times N - \frac{P.SA \times T}{0,0523} \\ &= 0,65 \times 12744 - \frac{100 \times 2,6324}{0,0523} \\ &= 3250 \text{ litres} \end{aligned}$$

B) Hôtel de 50 chambres 3 \*\*\* (eau à 50 °C).

$Q_m \times N = 7980$  litres / jour (chambres seules, eau à 55 °C)

"T heures" = 1,98 heure

- Puissance maximale possible :

Elle est égale à la puissance minimale du préparateur semi-instantané, soit :

$$P.SA \text{ maxi} = 107,4 \text{ kW} + \text{recyclage}$$

- Capacité minimale possible :

Elle est égale à la capacité maximale du préparateur semi-instantané, soit :

$$Ca.SA \text{ mini} = 1013 \text{ litres d'eau à } 55^\circ\text{C}$$

Pour une eau sanitaire à 50 °C, on aura :

$$\begin{aligned} Ca.SA \text{ mini} &= 1013 \times K4 = 1013 \times 1,12 \\ &= 1135 \text{ litres} \end{aligned}$$

- Puissance minimale :

$$\begin{aligned} P.SA \text{ mini} &= 0,00785 \times \frac{Q_m \times N}{T} \\ &= 0,00785 \times \frac{7980}{1,98} \\ &= 31,6 \text{ kW} + \text{recyclage} \end{aligned}$$

- Capacité maximale :

$$\begin{aligned} Ca.SA \text{ maxi} &= 0,63 \times Q_m \times N \times K4 \\ &= 0,63 \times 7980 \\ &= 5027 \text{ litres, eau à } 55^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Pour une eau sanitaire à 50 °C, on aura :

$$\begin{aligned} Ca.SA \text{ maxi} &= 5027 \times K4 = 5027 \times 1,12 \\ &= 5630 \text{ litres} \end{aligned}$$

- Si l'on s'impose un réservoir tampon de 5000 litres, la puissance nécessaire du préparateur sera de (on rappelle que 5000 litres à 50 °C représentent une équivalence de 5000/1,12 = 4464 litres d'eau à 55 °C) :

$$\begin{aligned} P.SA &= 0,0523 \times \frac{(0,78 \times Q_m \times N) - Ca.SA}{T} \\ \text{avec } Ca.SA &= 4464 \text{ l, on obtient} \\ P.SA &= 0,0523 \times \frac{(0,78 \times 7980) - 4464}{1,98} \\ &= 72,5 \text{ kW} + \text{recyclage} \end{aligned}$$

- Si l'on s'impose une puissance maximale de 100 kW pour l'échangeur, la capacité tampon nécessaire sera de :

$$\begin{aligned} Ca.SA &= 0,78 \times Q_m \times N - \frac{P.SA \times T}{0,0523} \\ &= 0,78 \times 7980 - \frac{100 \times 1,98}{0,0523} \\ &= 2439 \text{ litres} \end{aligned}$$

Soit

$$\begin{aligned} Ca.SA &= 2439 \times K4 = 2439 \times 1,12 \\ &= 2732 \text{ litres pour une eau à } 50^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

#### 4. Les préparateurs "accumulation" pour installations "modulaires"

Voir figure 16 (page suivante).

##### 4.1. Définition

Les systèmes à ACCUMULATION sont des générateurs équipés d'une capacité de stockage d'ECS très importante, avec une puissance d'échangeur la plus faible possible mais capable d'assurer les besoins de 24 heures d'ECS.

Par exemple :

- ECS produite par un réseau "géothermie".
- ECS par ballons électriques, tarif "heures creuses".

- La capacité **minimale** ① d'un préparateur à ACCUMULATION sera la capacité MAXI d'un préparateur à SEMI-ACCUMULATION.

- La capacité **maximale** ② d'un préparateur à ACCUMULATION sera égale à la totalité de l'ECS consommée en 24 heures. Dans ce cas, hors consommation d'ECS, l'échangeur de puissance minimale possible peut mettre 24 heures pour chauffer toute l'eau du stockage.

En pratique, l'échangeur est dimensionné pour assurer le chauffage du stockage en :

- ▷ 18 heures environ pour les installations "géothermie"
- ▷ 8 heures maxi pour les installations utilisant le tarif "heures creuses" de l'électricité.

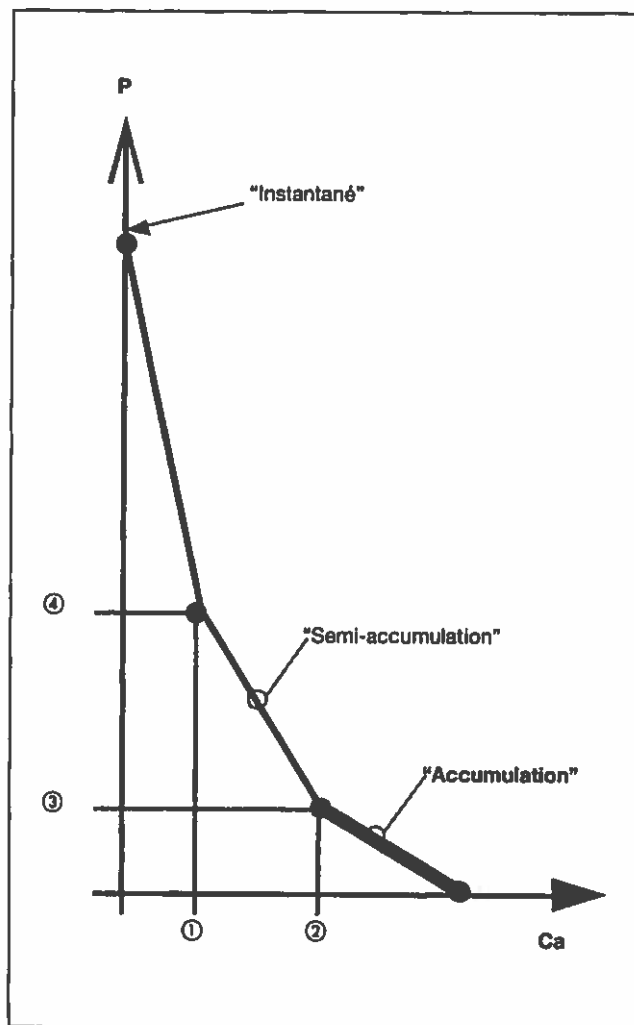


Figure 16.

## 4.2. Calcul d'un préparateur à "accumulation"

### • Capacité A mini ① = Ca.SA maxi

▷ Logements :

$$\text{Ca.A mini (litres)} = 0,5 \times Q_m \times N$$

▷ Hôtels - Hôpitaux - Bureaux...

$$\text{Ca.A mini (litres)} = 0,63 \times Q_m \times N$$

### • Capacité A maxi ②

Même formule pour les logements, hôtels, hôpitaux, bureaux, etc. :

$$\text{Ca.A maxi (litres)} = Q_m \times N$$

### • Puissance mini possible ③

Même formule pour les logements, hôtels, hôpitaux, bureaux, etc. :

$$\text{P.A mini (kW)} = 0,00218 \times Q_m \times N + \text{recyclage}$$

$Q_m$ , consommation d'eau à 55 °C

$$0,00218 = \frac{45}{860} \times 24$$

### • Puissance maxi ③, avec stockage mini = P.SA mini (voir § 3)

Même formule pour les logements, hôtels, hôpitaux, bureaux, etc. :

$$\text{P.A maxi (kW)} = 0,00785 \times \frac{Q_m \times N}{T} + \text{recyclage}$$

$Q_m$ , consommation d'eau à 55 °C

$$0,00785 = \frac{0,15 \times 45}{860}$$

### • Ballons électriques "heures creuses"

Même formule pour les logements, hôtels, hôpitaux, bureaux, etc. :

$$\text{P.A (kW)} = \frac{Q_m \times N \times 0,0523}{8} + \text{recyclage}$$

$$0,0523 = \frac{45}{860}$$

### • Puissance du préparateur à accumulation, en fonction du stockage choisi (chauffage : 24 heures/24)

Voir figures 19 (logements) et 20 (hôtels)

Nous avons l'égalité :

$$\frac{\text{P.SA mini} - \text{P.A mini}}{\text{Ca.SA maxi} - \text{Ca.A maxi}} = \frac{\text{P.A} - \text{P.A mini}}{\text{Ca.A} - \text{Ca.A maxi}}$$

D'où, pour les logements, la formule permettant de choisir une puissance "P.A (kW)" ou une capacité "Ca.A (litres)" :

$$\begin{aligned} & \frac{(0,00785 \times Q_m \times N / T) - (0,00218 \times Q_m \times N)}{(0,5 \times Q_m \times N) - (Q_m \times N)} \\ &= \frac{\text{P.A (kW)} - (0,00218 \times Q_m \times N)}{\text{Ca.A (litres)} - (Q_m \times N)} \end{aligned}$$

Pour les hôtels, hôpitaux, maisons de retraite, la formule devient :

$$\begin{aligned} & \frac{(0,00785 \times Q_m \times N / T) - (0,00218 \times Q_m \times N)}{(0,63 \times Q_m \times N) - (Q_m \times N)} \\ &= \frac{\text{P.A (kW)} - (0,00218 \times Q_m \times N)}{\text{Ca.A (litres)} - (Q_m \times N)} \end{aligned}$$

De ces formules, on peut sortir par exemple P.A (kW), en fonction d'une capacité choisie Ca.A (litres)

Pour les logements, on a :

$$\begin{aligned} \text{P.A (kW)} &= \left( \frac{1,9992}{T} \right) \times [(0,00218 \cdot T - 0,00785) \times \text{Ca.A (litres)} \\ &+ (Q_m \times N) \times (0,00785 - 0,00109 \cdot T)] + \text{recyclage} \end{aligned}$$

avec :

$Q_m$  : Consommation journalière par "MODULE ECS", eau à 55 °C.

N : Nombre de "MODULES ECS"

Ca : Capacité de stockage, en litres

$0,00218 = 45/860 \times 24$

$0,0523 = 45/860$

T : Durée de la tranche "T heures" de consommation de pointe

Nota :

Aux puissances calculées des préparateurs "ACCUMULA-

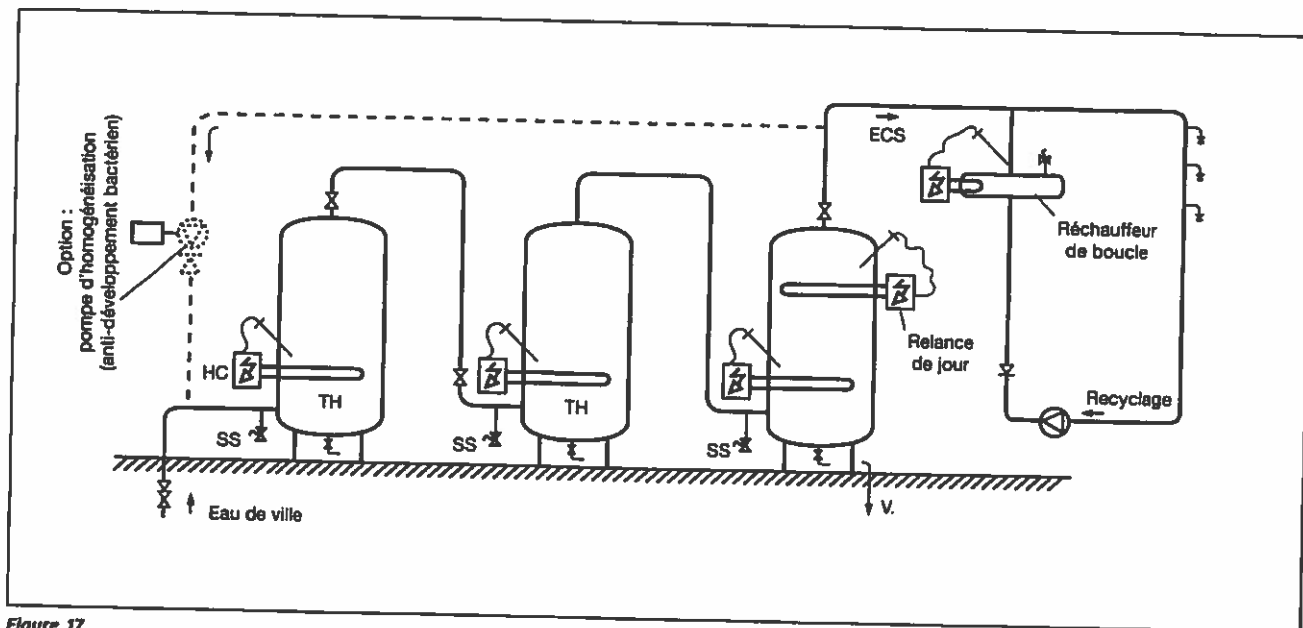


Figure 17.

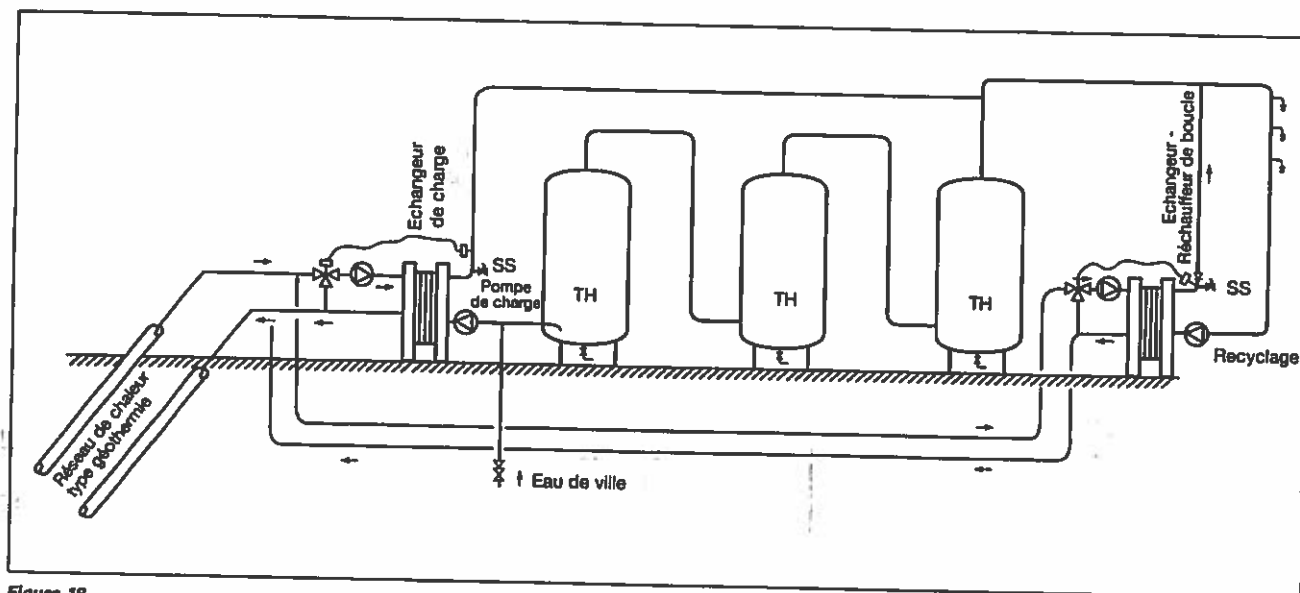


Figure 18.

TION", il faut ajouter la puissance des déperditions de la boucle. Avec un préparateur à accumulation, il faut nécessairement assurer le réchauffage de la boucle à l'aide d'un "réchauffeur de boucle" (voir figure 17).

#### 4.3. Schémas types d'installations ECS à "accumulation"

L'emploi d'un "réchauffeur de boucle" est indispensable pour les installations de production d'ECS à ACCUMULATION : il évite les mélanges d'eau chaude et d'eau froide dans le bas des réservoirs et préserve la stratification des températures.

Des jeux de vannes et tuyauteries de bypasse doivent compléter l'installation pour pouvoir fonctionner avec un ou plusieurs réservoirs isolés et vidangés pendant les visites et les nettoyages.

Chaque réservoir équipé d'un échangeur doit posséder au moins une soupape de sûreté, sans aucun sectionnement entre la soupape et le réservoir.

**4.3.1. Installation de ballons électriques "Heures creuses", avec options "Relance de jour" et "pompe d'homogénéisation" automatique entre 2 et 4 heures du matin (figure 17)**

**4.3.2. Installation avec échangeur de puissance minimale possible, réchauffage en 24 heures environ (figure 18)**

#### Nota :

Des jeux de bypasse peuvent être prévus sur chaque réservoir tampon pour permettre d'isoler un ou plusieurs réservoirs (pour l'entretien par exemple).



Eau à 55 °C

Puissance  
de l'échangeur  
(kW)

T : durée pointe (heure)

S : coefficient de simultanéité

**Préparateur instantané :**

$$P.I \text{ (kW)} = 0,113 \times Q_m \times N \times S$$

**Préparateur semi-instantané**

$$P.SI \text{ (kW)} = 0,314 \times [(0,36 \times Q_m \times N \times S) - Ca.SI]$$

$$Ca.SI \text{ (litres)} = (0,36 \times Q_m \times N \times S) - \frac{P}{0,314}$$

$$P.SI \text{ mini (kW)} = \frac{0,0523 \times Q_m \times N \times (0,65 - (0,36 \times S))}{(T - 0,166)}$$

$$Ca.SI \text{ maxi (litres)} = \frac{0,36 \times Q_m \times N \times ((S \times T) - 0,3069)}{(T - 0,166)}$$

**Préparateur semi-accumulation**

$$P.SA \text{ (kW)} = \frac{0,0523 \times [(0,65 \times Q_m \times N) - Ca.SA]}{T} + \text{recyclage}$$

$$Ca.SA \text{ (litres)} = 0,65 \times Q_m \times N - \frac{P.SA \times T}{0,0523}$$

$$P.SA \text{ mini (kW)} = 0,00785 \times \frac{Q_m \times N}{T} + \text{recyclage}$$

$$Ca.SA \text{ maxi (litres)} = 0,5 \times Q_m \times N$$

**Préparateur accumulation**

Ca.A (litres) : entre Ca.SA maxi et Ca.A mini

$$\frac{P.SA \text{ mini} - P.A \text{ mini}}{Ca.SA \text{ maxi} - Ca.A \text{ maxi}} = \frac{P.A - P.A \text{ mini}}{Ca.A - Ca.A \text{ maxi}} \left( \text{hors recyclage} \right)$$

Solt

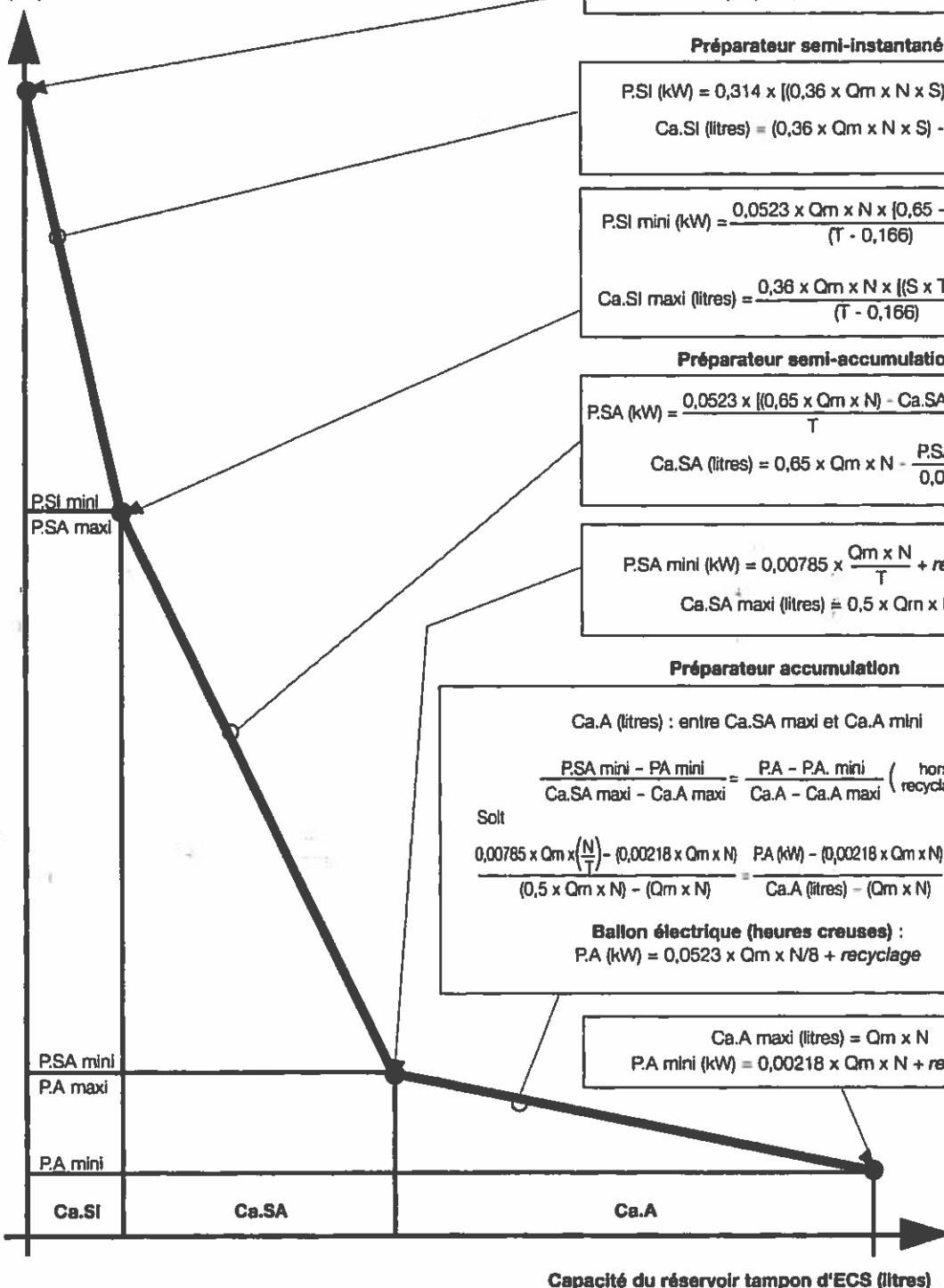
$$\frac{0,00785 \times Q_m \times \left(\frac{N}{T}\right) - (0,00218 \times Q_m \times N)}{(0,5 \times Q_m \times N) - (Q_m \times N)} = \frac{P.A \text{ (kW)} - (0,00218 \times Q_m \times N)}{Ca.A \text{ (litres)} - (Q_m \times N)} \left( \text{hors recyclage} \right)$$

**Ballon électrique (heures creuses) :**

$$P.A \text{ (kW)} = 0,0523 \times Q_m \times N/8 + \text{recyclage}$$

$$Ca.A \text{ maxi (litres)} = Q_m \times N$$

$$P.A \text{ mini (kW)} = 0,00218 \times Q_m \times N + \text{recyclage}$$



**Nota :** Réaliser tous les calculs avec des consommations d'ECS à 55 °C. Si la température de l'ECS est différente de 55 °C :

▷ les puissances calculées "P(kW)" restent valables

▷ les capacités de stockage "Ca" obtenues seront à multiplier par le coefficient K4 (chapitre 2, tableau 5).

Figure 19. Ensemble de logements.

Eau à 55 °C

Puissance  
de l'échangeur  
(kW)

T : durée pointe (heure)  
S : coefficient de simultanéité

**Préparateur instantané :**

$$P.I \text{ (kW)} = 0,122 \times Q_m \times N \times S$$

**Préparateur semi-instantané**

$$P.SI \text{ (kW)} = 0,314 \times [(0,39 \times Q_m \times N \times S) - Ca.SI]$$

$$Ca.SI \text{ (litres)} = (0,39 \times Q_m \times N \times S) - \frac{P.SI}{0,314}$$

$$P.SI \text{ mini (kW)} = \frac{0,0523 \times Q_m \times N \times (0,78 - (0,39 \times S))}{(T - 0,166)}$$

$$Ca.SI \text{ maxi (litres)} = \frac{0,39 \times Q_m \times N \times [(S \times T) - 0,3401]}{(T - 0,166)}$$

**Préparateur semi-accumulation**

$$P.SA \text{ (kW)} = \frac{0,0523 \times [(0,78 \times Q_m \times N) - Ca.SA]}{T} + \text{recyclage}$$

$$Ca.SA \text{ (litres)} = 0,78 \times Q_m \times N - \frac{P.SA \times T}{0,0523}$$

$$P.SA \text{ mini (kW)} = \frac{0,00785 \times Q_m \times N}{T} + \text{recyclage}$$

$$Ca.SA \text{ maxi (litres)} = 0,63 \times Q_m \times N$$

Ca.A (litres) : entre Ca.SA maxi et Ca.A mini

$$\frac{P.SA \text{ mini} - P.A \text{ mini}}{Ca.SA \text{ maxi} - Ca.A \text{ maxi}} = \frac{P.A - P.A \text{ mini}}{Ca.A - Ca.A \text{ mini}} \quad \left( \begin{array}{l} \text{hors} \\ \text{recyclage} \end{array} \right)$$

Soit

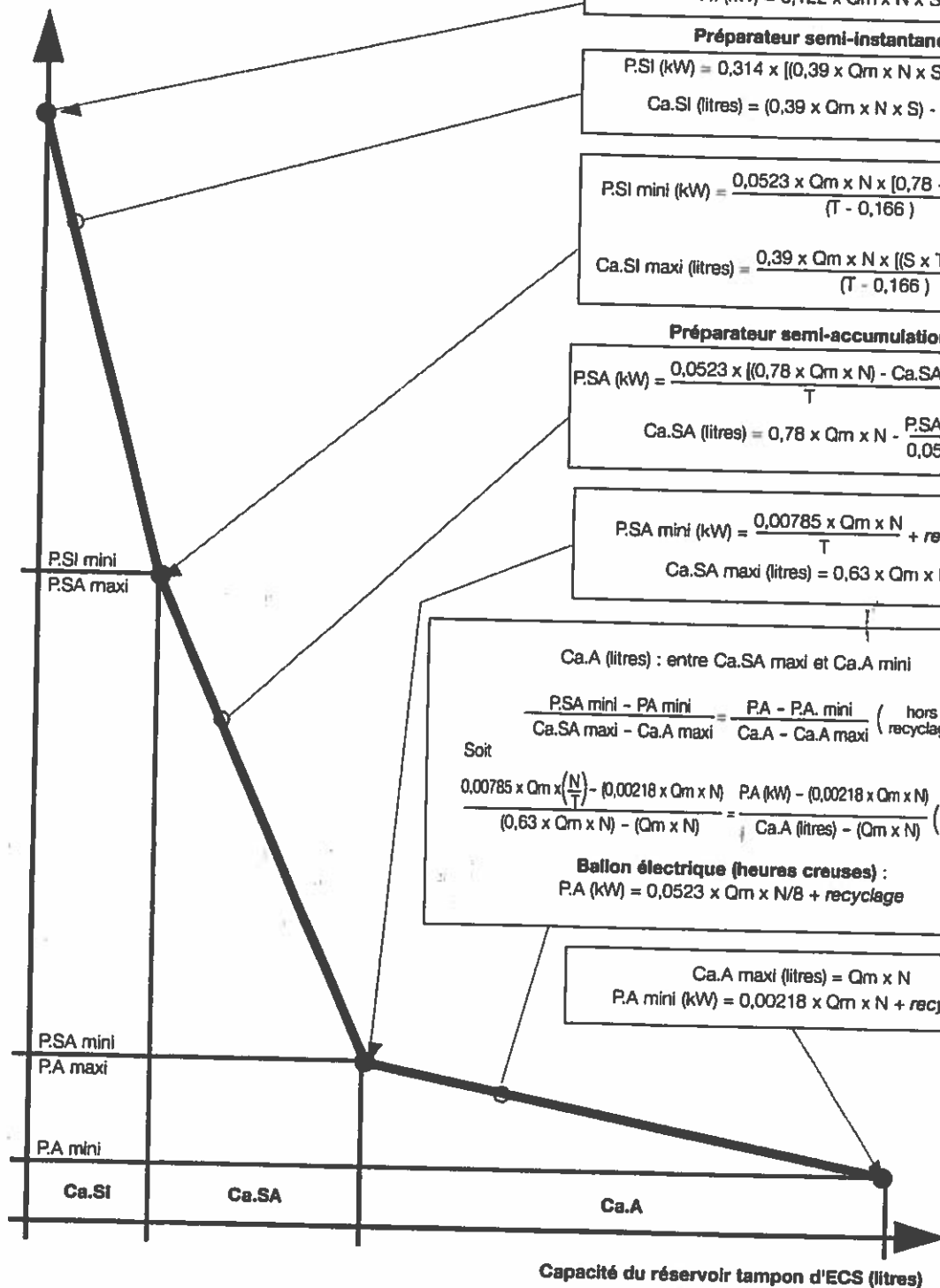
$$\frac{0,00785 \times Q_m \times \left(\frac{N}{T}\right) - (0,00218 \times Q_m \times N)}{(0,63 \times Q_m \times N) - (Q_m \times N)} = \frac{P.A \text{ (kW)} - (0,00218 \times Q_m \times N)}{Ca.A \text{ (litres)} - (Q_m \times N)} \quad \left( \begin{array}{l} \text{hors} \\ \text{recyclage} \end{array} \right)$$

**Ballon électrique (heures creuses) :**

$$P.A \text{ (kW)} = 0,0523 \times Q_m \times N/8 + \text{recyclage}$$

$$Ca.A \text{ maxi (litres)} = Q_m \times N$$

$$P.A \text{ mini (kW)} = 0,00218 \times Q_m \times N + \text{recyclage}$$



**Nota :** Réaliser tous les calculs avec des consommations d'ECS à 55 °C. Si la température de l'ECS est différente de 55 °C :  
 ▷ les puissances calculées "P(kW)" restent valables  
 ▷ les capacités de stockage "Ca" obtenues seront à multiplier par le coefficient K4 (chapitre 2, tableau 5).

Figure 20. Hôtels, hôpitaux, bureaux, maisons de retraite.

#### 4.4. Exemples de détermination de préparateur "accumulation"

Reprenons toujours les bases de l'exemple initial.

A) Logements : 30 F2 + 20 F4 + 10 F5.

$QJ = Qm \times N = 12744$  litres / jour d'eau à 55 °C.

$T = 2,6324$  heures

##### • Puissance maximale du préparateur accumulation :

**P.A maxi** = puissance minimale du préparateur semi-accumulation, plus le recyclage :

**P.SA mini** = 38 kW + recyclage

##### • Capacité minimale possible du préparateur accumulation :

**Ca.mini** = capacité maximale du préparateur semi-accumulation :

**Ca.SA maxi** = 6372 litres

##### • Puissance minimale :

**P.A mini** =  $0,00218 \times Qm \times N$   
 $= 0,00218 \times 12744$   
 $= 27,8 \text{ kW} + \text{recyclage}$

##### • Capacité maximale :

**Ca.A maxi** =  $Qm \times N = 12744$  litres

• Si l'on s'impose un stockage de 10 000 litres, la puissance nécessaire du préparateur sera, avec un réchauffage en 24 heures, de (voir figure 19) :

$$\frac{0,00785 \times Qm \times \left(\frac{N}{T}\right) - (0,00218 \times Qm \times N)}{(0,5 \times Qm \times N) - (Qm \times N)} = \frac{P.A \text{ (kW)} - (0,00218 \times Qm \times N)}{Ca.A \text{ (litres)} - (Qm \times N)} \left( \begin{array}{c} \text{hors} \\ \text{recyclage} \end{array} \right)$$

d'où :

$$\frac{0,00785 \times 12744}{2,6324} - (0,00218 \times 12744) = \frac{P.A \text{ (kW)} - (0,00218 \times 12744)}{10\,000 - (12744)} \left( \begin{array}{c} \text{hors} \\ \text{recyclage} \end{array} \right)$$

et **P.A = 32,18 kW + recyclage**

##### • Si option ballon électrique, réchauffage en 8 heures :

Capacité nécessaire = 12744 litres

Puissance électrique nécessaire :

$$P.A = \frac{0,0523 \times 12744}{8}$$

**= 83,3 kW + recyclage**

B) Hôtel de 50 chambres 3\*\*\* (eau à 55 °C) + repas 960 litres/jour.

$Qm \times N = 7980 + 960 = 8940$  litres / jour (chambres + repas)

$T = 1,98$  heure

$7980 = 120 \times 50 \times 1,33$

**Attention** : dans ce nouvel exemple, on demande que l'eau chaude sanitaire soit portée à 55 °C au lieu de 50 °C.

Les calculs se feront donc automatiquement pour une eau à 55 °C et il n'y aura plus lieu d'appliquer le coefficient  $K4 = 1,12$  nécessaire pour déterminer la capacité et le diamètre des conduites dans le cas où l'eau aurait été demandée à 50 °C.

##### • Puissance maximale du préparateur accumulation :

**P.A maxi** = puissance minimale du préparateur semi-accumulation (voir § 3.6 - B), plus le recyclage. Eau à 55 °C :

**P.SA mini** =  $0,00785 \times \frac{8940}{1,98} = 35,44 \text{ kW} + \text{recyclage}$

##### • Capacité minimale possible du préparateur accumulation :

**Ca.A mini** = capacité maximale du préparateur semi-accumulation

**Ca.SA maxi** =  $0,63 \times 8940 = 5632$  litres à 55 °C

##### • Puissance minimale :

**P.A mini** =  $0,00218 \times QJ \times N$   
 $= 0,00218 \times 8940$   
 $= 19,49 \text{ kW} (+ \text{recyclage})$

##### • Capacité maximale :

**Ca.A maxi** =  $Qm \times N = 8940$  litres, à 55 °C (chambres + repas)

• Si l'on s'impose un stockage de 7000 litres, la puissance nécessaire du préparateur sera, avec un réchauffage en 24 heures, de (voir figure 20) :

$$\frac{0,00785 \times Qm \times \left(\frac{N}{T}\right) - (0,00218 \times Qm \times N)}{(0,63 \times Qm \times N) - (Qm \times N)} = \frac{P.A \text{ (kW)} - (0,00218 \times Qm \times N)}{Ca.A \text{ (litres)} - (Qm \times N)} \left( \begin{array}{c} \text{hors} \\ \text{recyclage} \end{array} \right)$$

d'où :

avec  $(QJ \times N)$ , ECS à 55 °C = 8940 litres avec les repas

$$\frac{\left(\frac{0,00785 \times 8940}{1,98}\right) - (0,00218 \times 8940)}{(0,63 \times 8940) - (8940)} = \frac{P.A \text{ (kW)} - (0,00218 \times 8940)}{7000 - 8940} \left( \begin{array}{c} \text{hors} \\ \text{recyclage} \end{array} \right)$$

et **P.A = 28,85 kW**

• Si option ballon électrique, réchauffage en 8 heures :  
 Capacité nécessaire = 8940 litres

Puissance électrique nécessaire :

$$P.A = \frac{0,0523 \times 8940}{8}$$

**= 58,45 kW + recyclage**

#### 5. Récapitulatif des formules de détermination des préparateurs d'ECS, installations "modulaires"

##### 5.1. Ensemble de logements (figure 19)

##### 5.2. Hôtels, bureaux, maisons de retraite (figure 20)

#### 6. Puissance instantanée équivalente d'un préparateur semi-instantané (installation "modulaire")

Les constructeurs désignent les préparateurs semi-instantanés par la puissance de l'échangeur primaire et par la capacité du réservoir de stockage.

Il peut être nécessaire de connaître la puissance instantanée équivalente (par exemple, pour le calcul du diamètre des tuyauteries), ou le nombre de logements "équivalents F4" que pourrait desservir un préparateur semi-instantané proposé ou existant.

● **La puissance instantanée équivalente** du préparateur est égale à :

$$P_{\text{inst. équivalente}} (\text{kW}) = P_{\text{SI}} + [\text{Ca.SI} \times 6 \times 45 / 860] \\ = P_{\text{SI}} + (\text{C.SI} \times 0,314)$$

avec :

P<sub>SI</sub> : puissance de l'échangeur préparateur semi-instantané (kW)  
Ca.SI : capacité du réservoir tampon (litres)

● **Nombre d'«équivalents logements F4»**. Il est lu directement sur la courbe de la **figure 21**, en fonction de la "puissance instantanée équivalente".

(Un logement type F4 standing normal a en moyenne une consommation de 180 litres / jour d'ECS à 55 °C).

La formule de l'abaque de la figure 21 est la suivante :

$$P_{\text{inst.}} = 0,113 \times 180 \times N \times S$$

#### Attention :

Sur la courbe, vérifier que la capacité maximale utile "SI" correspondant à la puissance instantanée équivalente calculée, est bien égale à la capacité du réservoir de stockage.

Si la capacité réelle du réservoir de stockage est supérieure à la capacité maxi utile "SI", le préparateur est du type "semi-accumulation".

Pour connaître le nombre maximal de logements équivalents F4 que peut alimenter ce préparateur "accumulation", il faut utiliser l'égalité suivante (voir figure 19 pour les logements) :

$$\text{Ca.SA} = (0,65 \times 180 \times N) - \frac{P_{\text{SA}} \times T}{0,0523} = (117 \times N) - \frac{P_{\text{SA}} \times T}{0,0523}$$

N : nombre de logements possible

T : durée de la tranche de "T heures" de consommation de pointe, lue sur le tableau 6 du chapitre 2, en fonction du nombre de logements N

P<sub>SA</sub> : puissance de l'échangeur du préparateur MOINS 10%, ceci pour permettre le réchauffage de la boucle avec un préparateur "SEMI-ACCUMULATION"

#### EXEMPLES :

Voir **tableau 1**, page 45.

## 7. Les installations d'ECS "spéciales" (non modulaires)

### 7.1. Définitions

Rappelons que les installations "modulaires" sont les logements, les hôtels, les hôpitaux, les maisons de retraite, les bureaux.

Les installations "spéciales" sont toutes les distributions d'ECS avec des points de puisage variés, avec des débits unitaires, des horaires, et les durées de puisage connus.

La durée des puisages n'est pas influencée par le nombre de points de puisage (coefficient de simultanéité = 1). Tous les puisages peuvent être simultanés, pendant "x" minutes.

Pour une détermination, il faut comptabiliser les points de puisage et les cycles de puisage dans une journée-type de consommation maxi. Il faut également connaître les habitudes des usagers.

Pour les installations d'ECS "spéciales" existantes, avant d'arrêter un choix définitif, il est toujours recommandé de réaliser des relevés de consommation d'eau chaude, des mesures de température d'eau distribuée et d'interroger les usagers pour connaître leurs habitudes.

### 7.2. Tableau des consommations journalières d'ECS à 55 °C par puisage

Voir **tableau 2**, page 46.

### 7.3. Remarques sur les installations "spéciales" d'ECS

● Terrains de sports avec douches collectives : le puisage peut être continu pendant 30 minutes après chaque match.

● Internats (lavabos et douches) : le puisage peut être de 40 minutes / jour (2 x 20 min).

● Bureaux : en moyenne il est prévu 1 lavabo pour 10 personnes. La consommation sera de 40 litres / jour par lavabo.

● Ateliers : le nombre de douches peut être estimé à 1 pour 10 ouvriers, soit une consommation de 40 litres / jour par douche.

● Gymnases : Si les vestiaires sont équipés de 10 douches individuelles, la consommation sera d'environ 800 litres / jour par vestiaire (voir **tableau 1**, chapitre 2). Pour ce type d'installation, il est nécessaire de connaître le nombre probable de douches simultanées et les cycles d'utilisation, cas par cas.

Quelques observations vécues à ne pas méconnaître...

● Une douche d'usine peut être mise en service une demi-heure à une heure sans interruption par quelques ouvriers, l'eau de la douche servant... au chauffage du local.

● Des douches individuelles avec tirettes peuvent être bloquées en position d'ouverture par les usagers.

● Un vestiaire de terrain de sports peut être utilisé pour 2 ou "x" matchs d'affilée, espacés chacun de 2 heures par exemple. Exceptionnellement, les utilisations peuvent être intensives (jours de championnat...).

### 7.4. Histogramme des consommations d'installations "spéciales"

Lorsqu'une installation "spéciale" est à réaliser, il est toujours recommandé de tracer un "histogramme" de 24 heures de consommation. Il faut rassembler le maximum d'informations sur les séquences d'utilisation, le nombre d'appareils utilisés simultanément, les situations de consommation exceptionnelle, les relevés de consommation d'ECS éventuellement existants...

A l'aide de ces informations, il est possible de tracer un graphique de consommation journalière d'ECS, heure par heure et de dimensionner un préparateur suffisant, sans surdimensionnement.

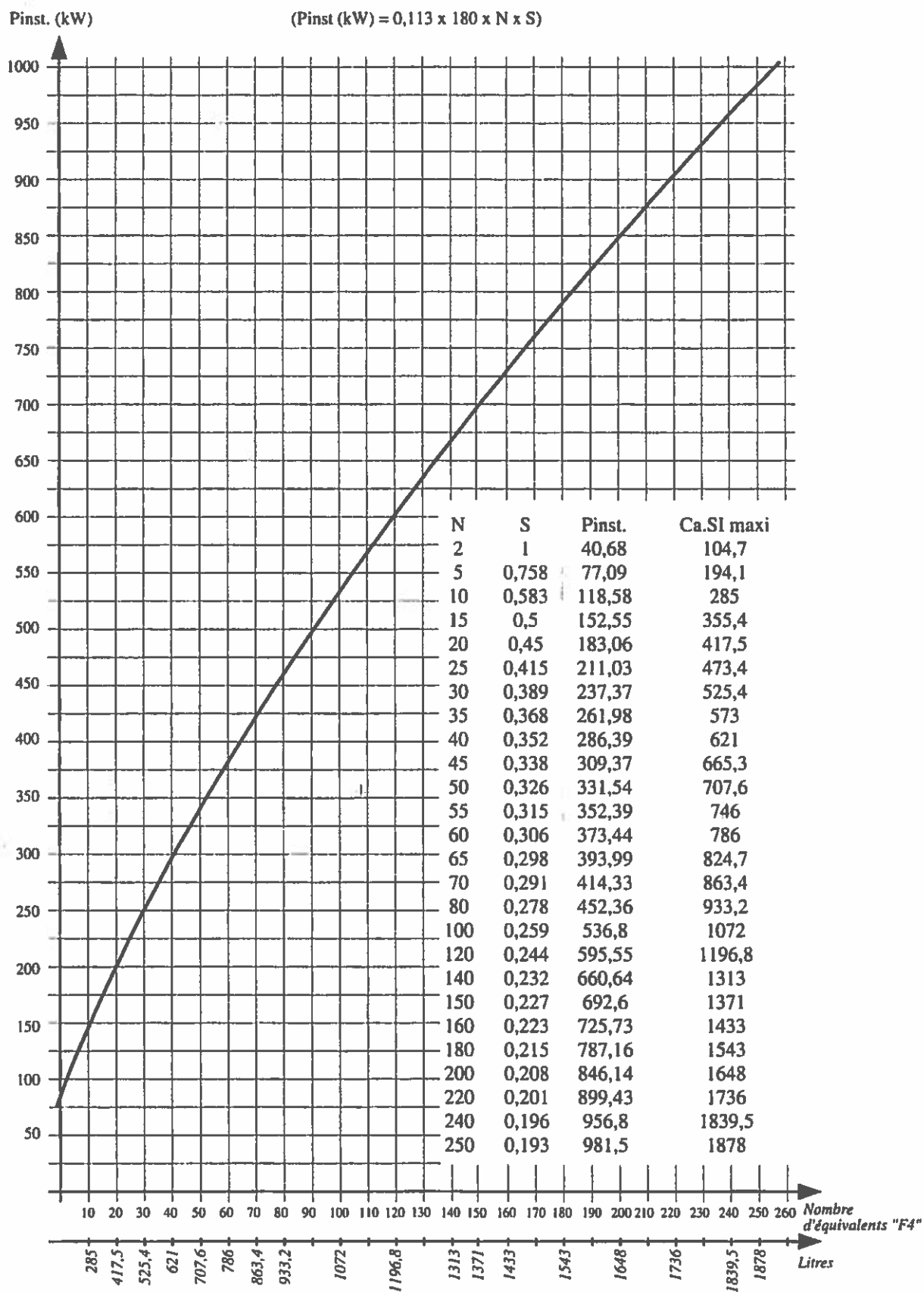


Figure 21. Nombre d'équivalents "logement F4", en fonction de la puissance instantanée.

Caractéristiques du préparateur : (Puissance - Capacité)	185 kW - 2000 litres	360 kW - 2000 litres	130 kW - 1000 litres	185 kW - 500 litres
P inst. équivalente (kW)	$185 + (2000 \times 0,314) = 813$	$360 + (2000 \times 0,314) = 988$	$130 + (1000 \times 0,314) = 444$	$185 + (500 \times 0,314) = 342$
Nombre de logements équivalents F4/Ca.SA maxi	185 F4 - 1600 litres maxi	220 F4 - 1700 litres maxi	70 F4 - 800 litres maxi	53 F4 - 700 litres maxi
Classement du préparateur	SA Semi-accumulation	SA Semi-accumulation	SA Semi-accumulation	SI Semi-instantané
P.SA = Puissance échangeur -10% (kW)	$185 \times 0,9 = 166,5$	$360 \times 0,9 = 324$	$130 \times 0,9 = 117$	
Ca.SA = $117N - (P.SA \times T / 0,0523)$	$2000 =$ $117N - (166,5 \times T / 0,0523)$ avec N = 98 et T = 2,968 Ca.SA = $11466 - 9449 = 2017$ Conforme avec la capacité du préparateur	$2000 =$ $117N - (324 \times T / 0,0523)$ avec N = 205 et T = 3,556 Ca.SA = $23985 - 22029 = 1956$ Conforme avec la capacité du préparateur	$1000 =$ $117N - (117 \times T / 0,0523)$ avec N = 58 et T = 2,603 Ca.SA = $6786 - 5823 = 963$ Conforme avec la capacité du préparateur	
Nbre d'équivalent logements F4 et coefficient de simultanéité	98 et S = 0,261	205 et S = 0,207	58 et S = 0,308	53 et S = 0,32
Q pointe (l/h) (voir chap. 3 § 1) $Q (l/h) = 0,36 \times Q_m \times N \times S \times 6$	$2,16 \times 180 \times 98 \times 0,261 = 9945$	$2,16 \times 180 \times 205 \times 0,207 = 16479$	$2,16 \times 180 \times 58 \times 0,308 = 6945$	$2,16 \times 180 \times 53 \times 0,32 = 6594$
DN départ ECS (mm) (voir chap. 4 § 5)*	65	80	50	50
Q boucle (l/h) (voir chap. 4 § 6.3)	$30 \times 98 = 2940$	$30 \times 205 = 6150$	$30 \times 58 = 1740$	$30 \times 53 = 1590$
DN retour boucle * (mm)	40	50	32	32

\* Le DN indiqué correspond à une installation d'ECS pour le nombre d'équivalents logements indiqué sur la troisième ligne du tableau. Le diamètre de départ ECS et le diamètre de retour boucle doivent éventuellement être réduits si le nombre réel de logements est inférieur au nombre d'équivalents logements défini précédemment.

Tableau 1.

Type d'utilisation	Type d'usage	Consommation journalière (l/J)	Débit nominal instantané	
			(litres / minute)	(litres / seconde)
LAVABO	Individuel	40	6	0,1
	Collectif (robinet individuel)	6 x T (min)	6	0,1
	Internat (2 x 20 min / J)	240		
	Collectif (avec jets)	3 x T (min)	3	0,05
	Internat (2 x 20 min / J)	120		
BAIGNOIRE	Sabot	80	20	0,33
	Standard	120	20	0,33
DOUCHE	Individuelle, atelier, gymn.	80	15	0,25
	Collectives	10 x T (min) (6 min)	10	0,16
	Collectives (poussoir, tirette)	10 x T (min) x 0,66	10	0,16
	Sport (30 min / match)	300 x N matchs	10	0,16
	Internat (2 x 20 min / J)	400	10	0,16
	Usine (10 min / J / douche)	150	15	0,25
	Sport (30 min / match)	200 x N matchs	10	0,16
	Internat (2 x 20 min / J)	265	10	0,16
	Usine (10 min / J / douche)	100	15	0,25
EVER, BAC, TIMBRE OFFICE	Par point de puisage	60	12	0,2
BIDET	5 minutes / J	30	6	0,1
LINGERIE	Machine à laver le linge (suivant type de machine)	200 à 340 10 à 20 litres par kg de linge	25	0,4
REPAS	1 à 50 repas	10 x N repas par service	Par poste de puisage = 12	Par poste de puisage = 0,2
	51 à 100 repas	8 x N repas par service		
	101 à 500 repas	6 x N repas par service		
	+ de 501 repas	5 x N repas par service		
	Machine à laver la vaisselle	4 / couvert par service		
	Nettoyage des sols ( m²)	0,1 / m² par service		

**Tableau 2. Tableau des consommations d'ECS dans les installations "spéciales" (non modulaires). ECS à 55 °C.**

**En restauration :**

- La consommation d'ECS, par service, est étalée sur 4 heures.
- La pointe horaire maximale représente 40 % de la consommation d'un service.
- 2 postes de puisage peuvent être utilisés simultanément, pendant 15 min, sans interruption.

### EXEMPLE :

Soit un complexe "Squash" équipé de 3 vestiaires de 10 douches chacun (douches avec robinets pousoirs individuels de débit unitaire = 10 litres/minute).

Durée d'une douche = 6 minutes.

Ouverture du complexe : 9 à 21 heures.

Voir le détail de l'installation et les périodes de fonctionnement **tableau 3**.

D'où :

Consommation journalière des 176 douches :

$176 \times 10 \times 6 = 10560$  litres/jour d'ECS à 55 °C.

Pointe maxi pour les 22 douches en 6 minutes :

$22 \times 10 \times 6 = 1320$  litres.

Pointe :  $1320 \times 60/6 = 13200$  litres / heure.

Temps disponible entre 2 pointes :  $60 - 6 = 54$  minutes.

### 7.5. Détermination d'un préparateur ECS "instantané" d'installation "spéciale"

a) Déterminer les débits maxi simultanés, en litres/minute, des points de puisage, ECS à 55 °C

b) Déterminer la durée de ces pulsages maxi : T pointe / minute

c) Déterminer la consommation totale d'ECS pendant toute la pointe : Q pointe (litres / x T minutes).

En déduire le débit moyen Q inst. en litres / minute.

d) Déterminer la puissance instantanée correspondant à cette consommation :

$$P_{\text{inst.}} = \frac{Q_{\text{inst}} \times 60 \times 45}{860}$$

### EXEMPLE :

Reprenons le cas du complexe "Squash" :

Consommation d'ECS pendant les pointes maxi généralement situées entre 18 et 21 heures :

$22 \text{ douches} \times 10 = 220$  litres / minute.

Puissance instantanée nécessaire :

$$P_{\text{inst.}} = \frac{220 \times 60 \times (55-10)}{860} = 691 \text{ kW}$$

Conclusion : la solution "préparateur instantané" exige une puissance trop importante.

### 7.6. Calcul d'un préparateur ECS "semi-instantané" d'installation "spéciale"

Le dispositif de chauffage de l'ECS doit assurer à la fois :

a) le réchauffage de l'eau consommée pendant la durée du puisage de pointe avec l'aide de la capacité du réservoir tampon (Ca.SI) :

$$P.SI \text{ (kW)} = (Q_{\text{pointe}} - Ca.SI) \times 0,0523 \times (60 / T_{\text{pointe}})$$

avec

$$0,0523 = \frac{55 - 10}{860}$$

T : pointe en minutes

b) la remise en température du réservoir tampon Ca.SI avant une nouvelle pointe de consommation :

$$P.SI \text{ (kW)} = Ca.SI \times 0,0523 / T_{\text{dispo.}}$$

Il est donc nécessaire de connaître le temps disponible, **T.dispo, exprimé en heures et en minutes**, et éventuellement, les consommations secondaires pendant ce T dispo.

D'où la **puissance minimale du préparateur en kW** exprimée par :

$$P.SI_{\text{mini}} = (Q_{\text{pointe}} - Ca.SI_{\text{maxi}}) \times 0,0523 \times \frac{60}{T_{\text{pointe}} \text{ (min)}}$$

$$P.SI_{\text{mini}} = \frac{(Ca.SI_{\text{maxi}} \times 0,0523)}{T_{\text{dispo}} \text{ (heures)}}$$

De cette double égalité, on déduit la **capacité tampon correspondante Ca.SI maxi (litres)**.

$$Ca.SI_{\text{maxi}} \text{ (litres)} = \frac{Q_{\text{pointe}} \text{ (litres)}}{\frac{T_{\text{pointe}} \text{ (min)}}{T_{\text{dispo}} \text{ (min)}} + 1}$$

Note : à P.SI mini, il faut ajouter la puissance éventuellement nécessaire pour les consommations entre les pointes de consommation.

Connaissant cette puissance minimale et la capacité maximale utile du réservoir, on peut choisir la capacité ou la puissance convenant le mieux à l'installation.

Si l'on s'impose une capacité Ca.SI (litres) < à Ca.SI maxi (litres) :

$$P.SI \text{ (kW)} = (Q_{\text{pointe}} - Ca.SI) \times \frac{0,0523 \times 60}{T_{\text{pointe}} \text{ (min)}}$$

Si l'on s'impose une puissance P.SI (kW) > à P.SI mini (kW) et ≤ P. inst. (kW) :

$$Ca.SI \text{ (litres)} = Q_{\text{pointe}} \text{ (litres)} - \left( \frac{P.SI \text{ (kW)}}{0,0523} \times \frac{T_{\text{pointe}} \text{ (min)}}{60} \right)$$

EXEMPLE (voir tableau 3) :

Consommation de pointe de 1320 litres d'ECS à 55 °C, en 6 minutes.

T dispo. =  $54/60 = 0,9$  h

$$a) P.SI_{\text{mini}} \text{ (kW)} = (1320 - Ca.SI) \times 0,0523 \times 60/6$$

$$b) P.SI = \frac{(Ca.SI \times 0,0523)}{0,9}$$

$$Ca.SI_{\text{maxi}} \text{ (litres)} = \frac{1320}{\frac{6}{54} + 1} = 1188 \text{ litres}$$

Vestiaires	Nombre de douches utilisées	Ouverture	Périodicité	Heures / Nombre de douches possibles
Salle squash	4	9/21 h	1 h	9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 heures
Salle judo	8	16/21 h	2 h	4 4 4 2 4 4 4 4 4 4 4
Salle musculation	10	9/21 h	1 h	8 8 8 8
Nombre total de douches simultanées				8 10 10 4 10 10 10 10 10 10 10
				12 14 14 6 14 14 14 22 22 22 22

Tableau 3.



..... : Tuyauteries de bippasse éventuel d'un ou plusieurs réservoirs

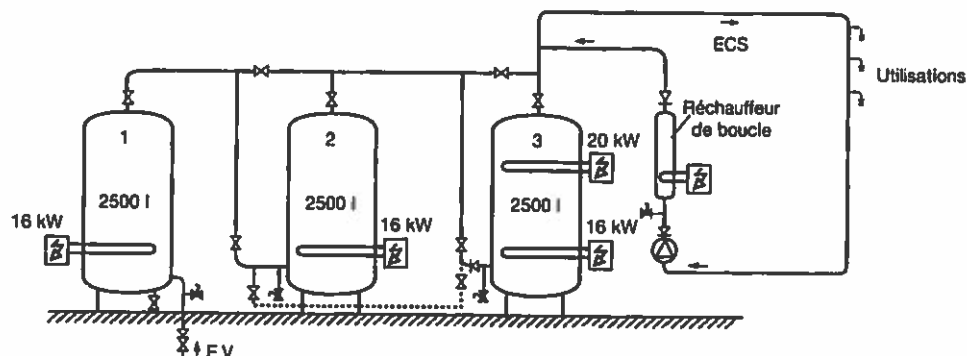


Figure 22. Schéma de raccordements des 3 ballons de 2500 litres unitaire.

$$P_{Si\ mini} = (1320 - 1188) \times 0,0523 \times 60/6 = 69,04\ kW$$

ou bien :

$$P_{Si\ mini} = (1188 \times 0,0523) / 0,9 = 69,04\ kW$$

Conclusion : la puissance minimale possible du préparateur sera de **69,04 kW** et la capacité tampon correspondante sera de **1188 litres**.

En augmentant la puissance du préparateur, on peut réduire la capacité du réservoir.

En reprenant l'exemple précédent, si la capacité tampon est de 750 litres, la puissance du préparateur est égale à :  
 $(1320 - 750) \times 0,0523 \times 60/6 = 298,11\ kW$ .

## 7.7. Détermination d'un préparateur ECS "accumulation" d'installation "spéciale"

Il faut :

- calculer la consommation journalière d'ECS "QJ totale", en litres.
- choisir un "temps de chauffe" possible (Exemple : 8 heures / électricité heures creuses)
- calculer le débit nécessaire au recyclage (pompe de boucle) et la puissance du réchauffeur de boucle à installer.

D'où :

$$P.A\ (kW) = \frac{(QJ\ totale \times 0,0523)}{Temps\ de\ chauffe} + recyclage$$

EXEMPLE (voir tableau 3) :

Consommation journalière d'ECS de 176 douches de 6 minutes chacune :

$$176 \times 10 \times 6 = 10560\ litres / jour$$

Capacité maximale d'accumulation : **10560 litres à 55 °C**, ou encore en appliquant le coefficient K4 = 0,93 (voir chapitre 2 § 5) :

$$10560 \times 0,93 = 9820\ litres\ à\ 60\ °C$$

Si chauffe en 8 heures (électricité "heures creuses"), puissance électrique nécessaire :

$$P.A\ (kW) = \frac{10560 \times 0,0523}{8} = 69\ kW + recyclage$$

Nota : étude d'une variante comprenant 3 ballons de 2500 litres (figure 22).

Puissance électricité "heures creuses" nécessaire :  
 $7500 \times 0,0523/8 = 49\ kW$ ,

Soit, par ballon, une résistance de 16 kW.

**Les 16 kW du ballon aval (3) pourront être mis en service de jour en relance "marche forcée", avec une autre résistance d'appoint de 69,04 - 16 = 53 kW placée en partie haute du ballon. Ce ballon aval (3) sera ainsi équipé de 69 kW, puissance minimale nécessaire pour un préparateur "semi-instantané" (Réf. : exemple § 7.6).**

## 7.8. Autre exemple de détermination d'une installation ECS "spéciale"

L'installation :

Un vestiaire de stade composé de 12 douches débitant 10 l/min, équipées de commande individuelle par tirette, limitant leur fonctionnement à environ 2/3 de la durée de la douche (voir tableau 2 § 7.2).

Durée d'une douche pour 2 équipes : 0,5 heure = 30 minutes. Un match toutes les 2 heures, soit un nombre de matchs maxi par jour = 3.

Calculs :

- Consommation instantanée :  $10 \times 12 = 120\ litres / minute$ .
  - Consommation par match :  $120 \times 30 \times 0,66 = 2376$ , arrondi à 2400 litres
  - Consommation maxi / jour :  $2400 \times 3 = 7200\ litres / jour$
  - Coefficient de simultanéité : 1
- Durée de la pointe : 0,5 heure avec Q = 2400 litres.  
 Temps disponible sans consommation, avant pointe suivante :  $2 - 0,5 = 1,5\ heure$ .

a) Puissance d'un préparateur "instantané" :

$$P\ inst.\ (kW) = \frac{120 \times 60 \times 45}{860} = 377\ kW$$

Capacité tampon (eau à 55 °C) (litres)	P.SI mini (kW) de l'échangeur pour la pointe $P.SI = (Q \text{ pointe} - Ca.SI) \times 0,0523$ $\times 60 / T \text{ pointe (min)}$	P.SI mini (kW) de l'échangeur pour la remise en température du ballon tampon $P.SI = \frac{(Ca.SI \times 0,0523)}{T \text{ dispo (heure)}}$	Préparateur SI à installer Capacité / Puissance (litres) (kW)
300	219,86	10,46	300 / 220
500	198,76	17,43	500 / 199
750	172,59	26,15	750 / 173
1 000	148,44	34,87	1 000 / 146
1 800	62,76	62,7	1 800 / 63
2 000	41,84	69,73	2 000 / 63

Tableau 4.

**b) Préparateur "semi-instantané" (voir § 7.6) :**

▷ Capacité tampon maxi :

$$(2400 - Ca.SI) \times 0,0523 \times \frac{60}{30} = Ca.SI \times 0,0523 / 1,5$$

d'où Ca.SI maxi = 1800 litres

$$\text{ou encore : } Ca.SI \text{ maxi (litres)} = \frac{Q \text{ pointe (P)}}{\frac{T \text{ pointe (min)}}{T \text{ dispo (min)}} + 1}$$

$$\frac{2\,400}{\frac{30}{90} + 1} = 1\,800 \text{ litres}$$

▷ P.SI mini de l'échangeur :

$$\frac{1800 \times 0,0523}{1,5} = 62,76 \text{ kW}$$

ou

$$(2400 - 1800) \times 0,0523 \times \frac{60}{30} = 62,76 \text{ kW}$$

Si la capacité du réservoir tampon est égale ou différente de 1800 litres, voir **tableau 4**.

**Remarque :** Si l'on opte pour un réservoir tampon de 750 litres, la puissance de l'échangeur doit être de **173 kW**.

Si l'on opte pour une température de stockage supérieure à 55 °C, la capacité du réservoir tampon peut être minorée par un coefficient K4 (voir chapitre 2, tableau 5).

**EXEMPLE :**

Si l'eau est à 60 °C la capacité maxi de 1800 litres devient :  $1800 \times 0,93 = 1674$  litres.

**c) Préparateur "semi-accumulation" :**

La capacité tampon du réservoir doit être suffisante pour fournir toute la pointe de consommation, sans utiliser la puissance instantanée du réchauffeur. Il s'agit par exemple d'un ballon avec un réchauffeur immergé, ensemble à grande inertie, avec un temps de chauffage en 1 à 3 heures.

$$Ca.SA \text{ (litres à } 55^\circ) = Q \text{ pointe (litres)}$$

et

$$P.SA \text{ (kW)} = \frac{Ca.SA \text{ (litres)} \times 0,0523}{T \text{ dispo (heures)}}$$

Exemple (suite § 7.8) : Ca.SA = 2 400 l et

$$P.SA = 2\,400 \times 0,0523 = 83,68 \text{ kW} + \text{Recyclage}$$

= Ballon de 24 00 l, réchauffage en 1,5 heure.

**d) Préparateur "accumulation" :**

Réchauffage électrique "heures creuses".

▷ Capacité du réservoir nécessaire (eau à 55 °C) :

$$Ca = 2400 \times 3 = 7200 \text{ litres (consommation maximale par jour)}$$

Si l'eau est chauffée à 80 °C, la capacité nécessaire est :

$$7200 \times 0,65 \text{ (coefficient K4 = 0,65, voir chapitre 2, tableau 5).}$$

Soit Ca = 4680 litres (soit 5000 litres).

▷ Puissance électrique nécessaire (réchauffage en 8 heures) :

$$P.A \text{ (kW)} = (7200 \times 45) / (860 \times 8) = 47,1 \text{ kW.}$$

▷ Puissance nécessaire pour la boucle :

Il faut installer un "réchauffeur de boucle" permanent 24h/24.

Débit de boucle = 30 l/h par douche installée

$$\Delta T = 5 \text{ K (voir chapitre 4 § 6.3)}$$

Puissance estimée :

$$(30 \times 12 \times 5) / 860 = 2,09 \text{ kW,}$$

soit 2 kW.

## 8. Questionnaire de détermination des préparateurs d'ECS

Voir **figure 23**.

### Remarques sur les installations "spéciales" + "modulaires"

Si une installation de distribution d'ECS doit desservir à la fois des "modules standard" (appartements, chambres d'hôtel...) et des points de puisage "spéciaux" (commerces, douches collectives...), il faut :

- déterminer séparément un préparateur pour les installations "modulaires" et un préparateur pour les installations "spéciales".
- comparer les temps d'utilisation dans une journée pour voir s'il y a un risque de simultanéité des besoins.
- **Pour toutes les consommations pouvant être simultanées**, additionner les puissances des 2 préparateurs nécessaires et les capacités tampons prévues.

### EXEMPLES :

● Immeuble d'habitation, avec en rez-de-chaussée, un salon de coiffure et un restaurant : il y a un risque de cumul des consommations d'ECS et il est préconisé d'additionner les besoins.

● Un hôtel avec restauration : les besoins en ECS pour l'hôtel et pour le restaurant ne seront pas simultanés. Il faut calculer les besoins d'ECS séparément et ne retenir que le préparateur le plus important en puissance et en capacité tampon. Généralement, les consommations d'ECS pour les chambres sont nettement supérieures aux besoins d'ECS pour la cuisine.

### Nota important :

Pour une production d'ECS à "accumulation" (ex. : ballons électriques "heures creuses"), il faut additionner obligatoirement toutes les consommations journalières, "spéciales" et "modulaires".

Référence chantier : Date : Rédacteur : Observations : Type d'installation : MODULAIRE - SPECIALE		
Document de référence	Désignation	Installation à réaliser
Ch. 2 § 3 Ch. 3 tableau 2 Ch. 2 § 4 et 5 Ch. 2 § 3	Température de l'ECS en °C : ▷ Production : ..... ▷ Distribution : ..... Besoins d'ECS : N : Nombre de modules ECS : ..... Qm x N x K (litres) .....	
Ch. 2 § 7 et 8 Ch. 2 § 6 et 8 Ch. 1 tableau 8 Ch. 4 § 5.2 et 5.3	Durée tranche consommation maxi T (heures) ..... Coefficient de simultanéité S : ..... Consommation pendant la pointe des 10 min : ..... Soit : ▷ Débit litres / heure : ..... ▷ DN départ ECS : .....	
Ch. 3 § 1.2 et figures 19-20 Ch. 3 § 7.5	Préparateur Instantané P.I (kW) .....	



## 9. Estimation des consommations d'ECS et de l'énergie nécessaire à la production

Le besoin annuel d'énergie pour assurer la production d'ECS nécessaire à un appartement est estimé égal à **21 kW/an.m<sup>2</sup> habitable** : c'est une puissance utile minimale.

L'énergie totale consommée est cette valeur minimale, à corriger en fonction du rendement moyen du système de production d'eau chaude sanitaire.

La consommation d'ECS correspondante, par an est de :  
 $21 \times 860 / (55 - 10) = 401,3 \text{ litres/an.m}^2$ , ECS à 55 °C.

Soit par jour, moyenne sur 365 jours :  
 $401,3 / 365 = 1,1 \text{ litre/jour.m}^2$ , ECS à 55 °C.

Soit par semaine : moyenne =  
 $401,3 / 52 = 7,72 \text{ litres/semaine.m}^2$ , ECS à 55 °C

(ou bien si l'ECS est à 40 °C :  
 $7,72 \times K4 = 7,72 \times 1,5 = 11,6 \text{ litres/jour.m}^2$ ).

**Nota : la surface théorique habitable "utile" par logement est de 27 m<sup>2</sup> par adulte, et de 18 m<sup>2</sup> par enfant.**

**Exemple : soit dans un immeuble, un appartement F4 de 100 m<sup>2</sup>, occupé par 2 adultes + 2 enfants.**

▷ La surface "théorique utile", pour ce F4, est de :  
 $[(27 \times 2) + (18 \times 2)] = 90 \text{ m}^2$ .

▷ Consommation moyenne d'ECS par jour :  
 $1,1 \text{ (litre/jour.m}^2) \times 90 = 99 \text{ (litres/jour) ECS à } 55 \text{ °C}$ .

▷ Consommation moyenne d'ECS par semaine :  
 $7,72 \text{ (litres/semaine.m}^2) \times 90 = 694,8 \text{ (litres/semaine) ECS à } 55 \text{ °C}$ .

▷ Consommation moyenne d'ECS par an :  
 $401,3 \text{ (litres/an.m}^2) \times 90 = 36\,117 \text{ (litres/an) ECS à } 55 \text{ °C}$ .

▷ La consommation minimale d'énergie pour la seule production d'ECS (hors rendement du système de production) sera de :  $21 \text{ kW} \times 90 = 1\,890 \text{ kW/an}$ .

▷ Si le rendement global de la production d'ECS est de **0,89** (chauffe-eau situé en volume habitable et pièces des-servies contiguës) avec un prix du kWh heures creuses de 0,8 euro TTC, le coût annuel de la production d'ECS pour ce F4 sera de :

$1\,890 \times 0,08 / 0,89 = 169,9 \text{ euros par an, TTC}$ .

■

# Chapitre 4

## RECOMMANDATIONS DE MISE EN ŒUVRE

### 1. Le principe de l'installation

*Rappels* : Tous les accessoires nécessaires à la sécurité, aux contrôles, à la conduite et à l'entretien de l'installation doivent être prévus : soupape de sûreté, robinets, manomètres, thermomètres, tubes témoins, robinets de chasse et de prise d'analyse, purgeur d'air, clapet de non retour, limiteur de température et éventuellement détendeur sur l'arrivée d'eau de ville, vase d'expansion sur ballon électrique, etc. (figure 1).

Le bouclage doit être le plus complet possible **sans bras morts** (risque de développements microbiens).

Des traitements d'eau peuvent être nécessaires, principalement s'il s'agit d'une distribution d'ECS en acier galvanisé. Il existe des traitements par anodes solubles (magnésium, aluminium) ou par additif de produits (silicopolyposphates, orthophosphates, silicates) : l'installation doit être dans ce cas complétée par une pompe doseuse, un compteur d'eau émetteur d'impulsions, un bac de produit à injecter, des tés d'injection, une armoire électrique de commande pour le traitement, etc.

Dans certains cas, il peut être nécessaire d'ajouter des additifs "anti-incrustants" ou d'adoucir partiellement l'eau de ville à chauffer. Par exemple, lorsque la dureté de l'eau est élevée, et que la température d'eau chaude sanitaire est supérieure à 60 °C, lorsqu'un échangeur est sensible à l'entartrage et que le fluide primaire est à température supérieure à 75 °C.

### 2. Equipement du local : suggestions

Le local de production d'ECS doit être propre et bien ventilé. La température ambiante doit rester comprise entre + 5 °C et + 40 °C maxi.

Les dispositifs de chasse des ballons doivent être raccordés au réseau d'évacuation, avec mise à l'air libre pour éviter les siphonnages éventuels. Le siphon de sol doit être suffisant pour évacuer le débit de vidange le plus élevé.

Dans le local, sont également préconisés :

- des pentes du sol convergentes vers le point bas.
- une porte d'entrée du local comportant un seuil.
- des socles maçonnés pour poser les appareils.

Le fonctionnement d'une soupape de sûreté doit être visible (entonnoir), sans risque de brûlure par projection d'eau.

### 3. Les matériaux du réseau

L'acier noir et le plomb sont à exclure.

Les canalisations en plomb et les brasures au plomb sont interdites et remplacées progressivement sur les installations sanitaires intérieures aux immeubles ainsi que sur les réseaux publics d'alimentation.

L'acier galvanisé impose une température d'eau maximale de 60 °C. Ce métal est à exclure si l'eau est agressive. **La mise en présence de cuivre ou métaux cuivreux en amont d'acier galvanisé est formellement interdite** (phénomène d'électrolyse).

Les tubes en cuivre, en acier inox (type 316 ou équivalent) ou en matériaux de synthèse préservent de certaines formes de corrosions, diminuent le risque de développements bactériens et peuvent éviter l'installation d'un traitement d'eau.

Les tubes en matériaux de synthèse sont d'une utilisation relativement récente. Ils présentent de nombreux avantages et sont insensibles aux corrosions.

Les petits réservoirs tampon d'ECS (80 à 300 litres) sont préconisés en acier **émaillé à chaud**, avec anode soluble en magnésium. Cette technique s'avère souvent plus fiable que les réservoirs en acier inox, métal sensible aux eaux chlorées avec une faible vitesse d'écoulement, et aux contraintes provoquées par les variations de pression.

Enfin, un circuit d'ECS doit être systématiquement calorifugé pour limiter les déperditions et notamment un refroidissement trop important de la boucle.

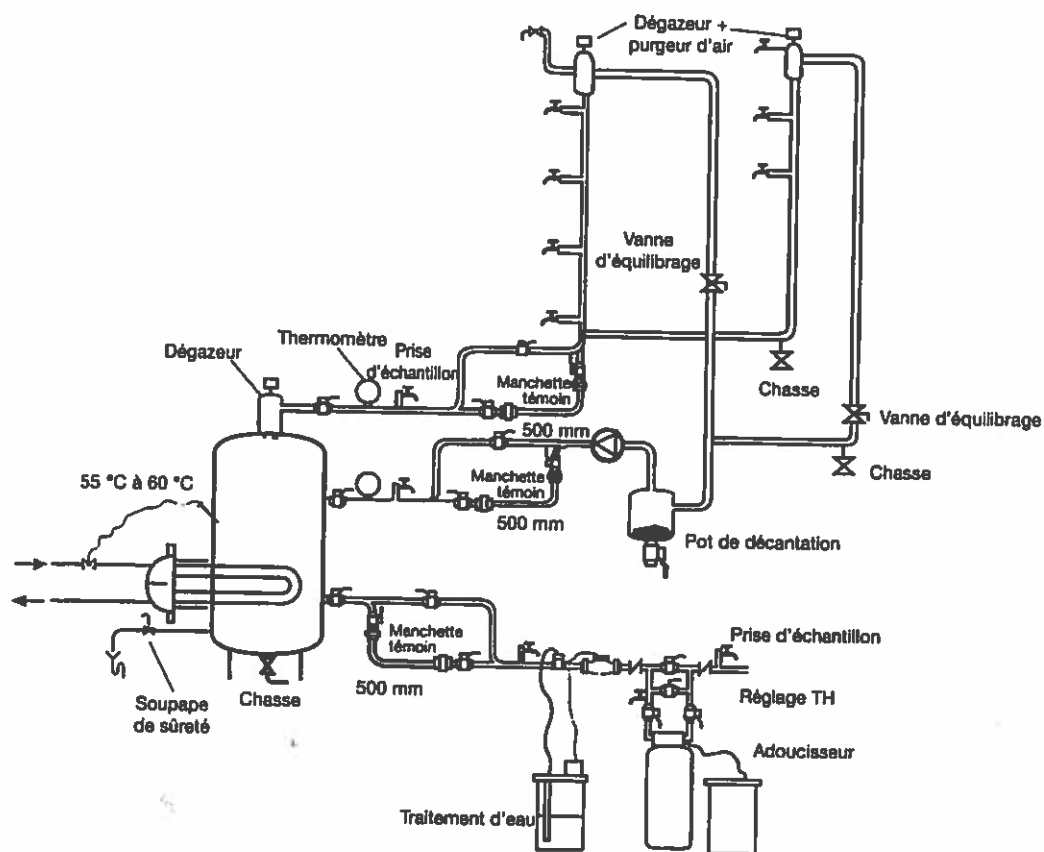


Figure 1.

Diamètre extérieur (mm)	Epaisseur (mm)	Diamètre intérieur (mm)	Poids au mètre (kg)	Section de passage (mm²)	Volume intérieur par mètre (dm³)	Surface intérieure par mètre (m²)	Surface extérieure par mètre (m²)
12	0,8 1	10,4 10	0,251 0,308	85 79	0,085 0,078	0,0327 0,0314	0,0377 0,0377
14	0,8 1	12,4 12	0,295 0,363	121 113	0,121 0,113	0,0389 0,0377	0,0439 0,0439
15	0,8 1	13,4 13	0,318 0,391	141 133	0,141 0,133	0,0421 0,0408	0,0471 0,0471
16	0,8 1	14,4 14	0,340 0,419	163 154	0,163 0,154	0,0452 0,0439	0,0503 0,0503
18	0,8 1	16,4 16	0,385 0,475	211 201	0,211 0,201	0,0515 0,0503	0,0565 0,0565
22	0,8 1	20,4 20	0,474 0,587	327 314	0,327 0,314	0,0641 0,0628	0,0691 0,0691
25	0,8 1	23,4 23	0,541 0,671	430 415	0,430 0,415	0,0735 0,0723	0,0785 0,0785
28	0,8 1	26,4 26	0,608 0,755	547 531	0,547 0,531	0,0829 0,0817	0,0879 0,0879
35	0,8 1	33,4 33	0,765 0,951	876 855	0,876 0,855	0,1049 0,1037	0,1100 0,1100
40	0,8 1	38,4 38	0,877 1,090	1158 1134	1,158 1,134	0,1206 0,1194	0,1257 0,1257
42	0,8 1	40,4 40	0,922 1,150	1282 1257	1,282 1,257	0,1269 0,1257	0,1319 0,1319
54	1	52	1,482	2124	2,124	0,1634	0,1696

Tableau 1

### 3.1. Les caractéristiques physico-chimiques du tube cuivre

La composition chimique du cuivre utilisé pour la fabrication des tubes est définie par la norme NF A 51-050. Il s'agit de cuivre Cu - b1 désoxydé au phosphore correspondant à la dénomination ISO Cu - DHP et dont la teneur minimale en cuivre est de 99,90 %. Sa teneur résiduelle en phosphore est comprise entre 0,013 et 0,050 %.

Il peut être soudé et brasé facilement. Il est insensible aux atmosphères réductrices.

La masse volumique du cuivre est de 8,9 kg / dm<sup>3</sup>, son point de fusion est de 1083 °C.

Les caractéristiques mécaniques des tubes cuivre sont différentes selon que le métal est recuit ou écroui. Les tubes sont livrés en longueurs droites lorsqu'ils sont écrouis, ou en courbures lorsqu'ils sont recuits.

### 3.2. Caractéristiques des tubes utilisés en chauffage ou en eau chaude sanitaire

Voir tableau 1.

Les valeurs sont calculées pour les dimensions théoriques des tubes.

## 4. Les accessoires principaux d'un circuit d'ECS

### 4.1. Soupape de sûreté

La soupape de sûreté (ou "groupe de sûreté" pour les installations individuelles d'ECS) est le dispositif principal de sécurité d'un générateur (NFP-52001 de mai 1975).

Pour son installation, se référer au DTU 65.11 § 422, aux règles et aux normes d'installation et aux règlements particuliers ou régionaux en vigueur.

**Résumé :**

- Chaque générateur d'ECS doit être équipé d'au moins une soupape de sûreté avec levier de manœuvre, membrane de séparation du mécanisme, clapet à portée plastique pour une étanchéité parfaite après manœuvre.
- La soupape doit être montée verticalement sur l'entrée d'eau froide, **sans aucun sectionnement ni filtre** entre la soupape et le générateur. La pose d'un manomètre de contrôle isolable est vivement conseillée.
- La soupape doit être tarée à la pression minimale de service du composant le plus faible du réseau (ballon de stockage par exemple). Les pressions de tarage standard sont 7 et 10 bar.
- Le diamètre d'entrée de la soupape ne doit pas être réduit. Le diamètre de sortie d'eau doit être au moins égal au diamètre de sortie de la soupape et doit être équipé d'un entonnoir de contrôle du fonctionnement.
- Le levier de manœuvre doit être actionné au moins une fois par an et avant une remise en service du générateur d'ECS si celui-ci a subi un arrêt prolongé.
- Pour les installations de petites puissances et de petites capacités (ex. : ballons électriques individuels), l'arrivée d'eau froide peut être équipée d'un "groupe de sécurité" qui fait office à la fois de soupape de sûreté, de clapet de non retour, de vanne de vidange et de vanne d'arrêt.

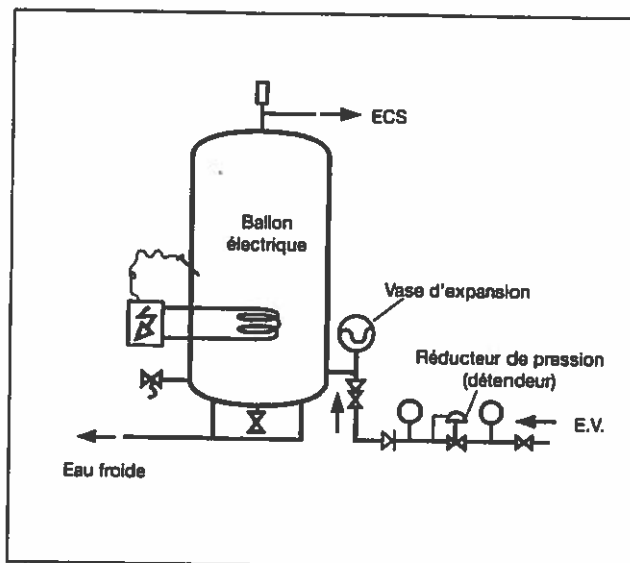


Figure 2.

### 4.2. Vase d'expansion

Il est recommandé sur les petites installations d'ECS avec ballon électrique d'équiper l'arrivée d'eau froide d'un **vase d'expansion spécial eau sanitaire**. Sa pression de service doit être égale à la pression de tarage de la soupape de sûreté (7 ou 10 bar) (figure 2).

Ce vase d'expansion évitera le fonctionnement de la soupape de sûreté chaque nuit lors des périodes de chauffage (heures creuses).

Le volume de ce réservoir d'expansion peut être limité à environ 5 litres pour 100 litres de stockage d'ECS.

**Nota :**

Le branchement des vases d'expansion constitue souvent des "bras morts" sur les réseaux d'ECS. Il existe des vases d'expansion qui, équipés d'une double enveloppe et montés en série sur la conduite d'eau sont parcourus par l'eau chaude du réseau, limitant ainsi le risque de développements bactériens.

### 4.3. Robinetterie

Il est recommandé d'équiper l'arrivée d'eau de ville d'un **réducteur de pression**. Celui-ci protège l'installation, améliore le confort et évite les fonctionnements répétés des soupapes de sûreté.

Les clapets de non retour doivent être à "portée plastique". Les vannes d'isolement préconisées sont des vannes à "boisseau sphérique" (DN ≤ 50) ou du type "papillon étanche" pour les diamètres supérieurs.

Tous les accessoires de robinetterie doivent être prévus pour "eau sanitaire".

**Un compteur sur l'arrivée d'eau de ville au préparateur d'ECS est toujours préconisé.**

### 4.4. Les disconnecteurs

Le disconnecteur est un clapet perfectionné qui assure la protection contre les retours d'eau. Cet équipement est nécessaire et obligatoire pour éviter la pollution des réseaux d'eau potable. Leur choix dépend du type d'installation où la protection doit être assurée.



Il doit être installé horizontalement, équipé d'une vanne et d'un filtre en amont. L'échappement doit être à une hauteur supérieure à 50 cm au-dessus des siphons de sol.  
Il doit être placé dans un local accessible, aéré et équipé d'une évacuation des eaux.

Un entretien annuel est réglementairement obligatoire.

## 5. Dimensionnement des conduites d'ECS

### 5.1. Vitesses maximales de l'ECS, dans des canalisations en acier galvanisé

- ▷ Tuyauteries en sous-sol ou en vide sanitaire : 2 m/s.
- ▷ Colonnes montantes : 1,5 m/s
- ▷ Branchements d'étages et d'appareils :
  - si débit supérieur à 0,5 l/s : 2 m/s
  - si débit inférieur ou égal à 0,5 l/s : 1,5 m/s

### 5.2. Diamètres préconisés en fonction des débits d'ECS observés (tableau 2)

Rappelons que le débit nominal d'ECS à prendre en compte pour le choix du diamètre des canalisations, est le **débit instantané des 10 minutes de pointe maximale**.

Ce débit, en litres / heure, est égal à :

$$Q_{inst.} = 0,36 \times Q_m \times N \times S \times 6$$

$Q_m$  = Consommation journalière d'un module ECS (logement, chambre...)

$N$  = Nombre de modules ECS à alimenter

$S$  = Coefficient de simultanéité

### 5.3. Débit dans les canalisations

#### 5.3.1. Diagramme "débit / vitesse" pour l'eau

Voir figure 3.

Tubes		Débit eau (m³/h)		Vitesse (m/s)		Δp (mm CE / ml)			
DN (mm)	Ø int (mm)	MINI	MAXI	MINI	MAXI	Eau à 20 °C		Eau à 80 °C	
						Mini	Maxi	Mini	Maxi
10	12,5	0,05	0,15	0,11	0,34	2,3	20	2,2	15,9
15	16	0,15	0,3	0,21	0,41	5,7	20	4,7	16,2
20	21,6	0,3	0,67	0,22	0,51	4,7	20	3,7	16,6
25	27,2	0,67	1,24	0,32	0,59	6,5	20	5,2	16,6
32	35,9	1,24	2,64	0,34	0,72	5,1	20	4,1	17
40	41,8	2,64	3,96	0,53	0,8	9,5	20	7,9	17,1
50	53	3,96	7,5	0,5	0,94	6,2	20	5,2	17,4
65	70,3	8,25	15,9	0,59	1,14	5,9	20	5	17,6
80	82,5	15,9	24,37	0,83	1,27	9	20	7,8	17,8
100	107,1	24,37	48,67	0,75	1,5	5,5	20	4,7	17,9
125	131,7	48,67	84,1	1	1,71	7,2	20	6,3	18
150	159,3	84,1	138,2	1,17	1,93	7,7	20	6,8	18
200	207,3	138,2	277,7	1,14	2,29	5,3	20	4,7	18,2
250	260,4	277,7	479,31	1,45	2,5	6,4	18,1	5,7	16,4
300	309,7	432	678	1,59	2,5	6,2	14,7	5,5	13,3

Tableau 2. Rugosité intérieure des tubes  $\leq 0,05$  mm.

Ce diagramme permet de lire immédiatement la vitesse d'écoulement de l'eau suivant le diamètre du tube choisi, pour un débit d'eau donné.

EXEMPLE :

Débit de 6 m³/h

Vitesse maxi de 1 m/s

Tube préconisé de DN 50.

#### 5.3.2. Débits d'eau, en m³/h, en fonction de la vitesse de l'eau et du diamètre des tubes (tableau 3).

Vitesse de l'eau (m/s)	Usages	DN des tuyauteries / Débits d'eau en m³ / heure												
		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250
2 m/s	Vitesse maxi ECS en sous-sol ou vide sanitaire	1,2	2,5	3,5	5	9	14	24	36	58	92	127	226	352
1,5 m/s	Vitesse maxi colonne montante	0,9	1,87	2,62	3,75	6,75	10,5	18	27	43,5	69	92,2	169	264
1,2 m/s	Vitesse maxi tubes cuivre	0,72	1,5	2,1	3	5,4	8,4	14,4	21,6	34,8	55,2	76,2	136	211
1 m/s		0,6	1,25	1,75	2,5	4,5	7	12	18	29	46	63,5	113	176
0,5 m/s	Vitesse moyenne raccords, puisages	0,3	0,62	0,87	1,25	2,25	3,5	6	9	14,5	23	31,7	56,5	88
0,2 m/s	Vitesse mini boucle	0,12	0,25	0,35	0,5	0,9	1,4	2,4	3,6	5,8	9,2	12,7	22,6	35

Tableau 3. Débits d'eau (m³/h) en fonction de la vitesse de l'eau et du diamètre des tubes.

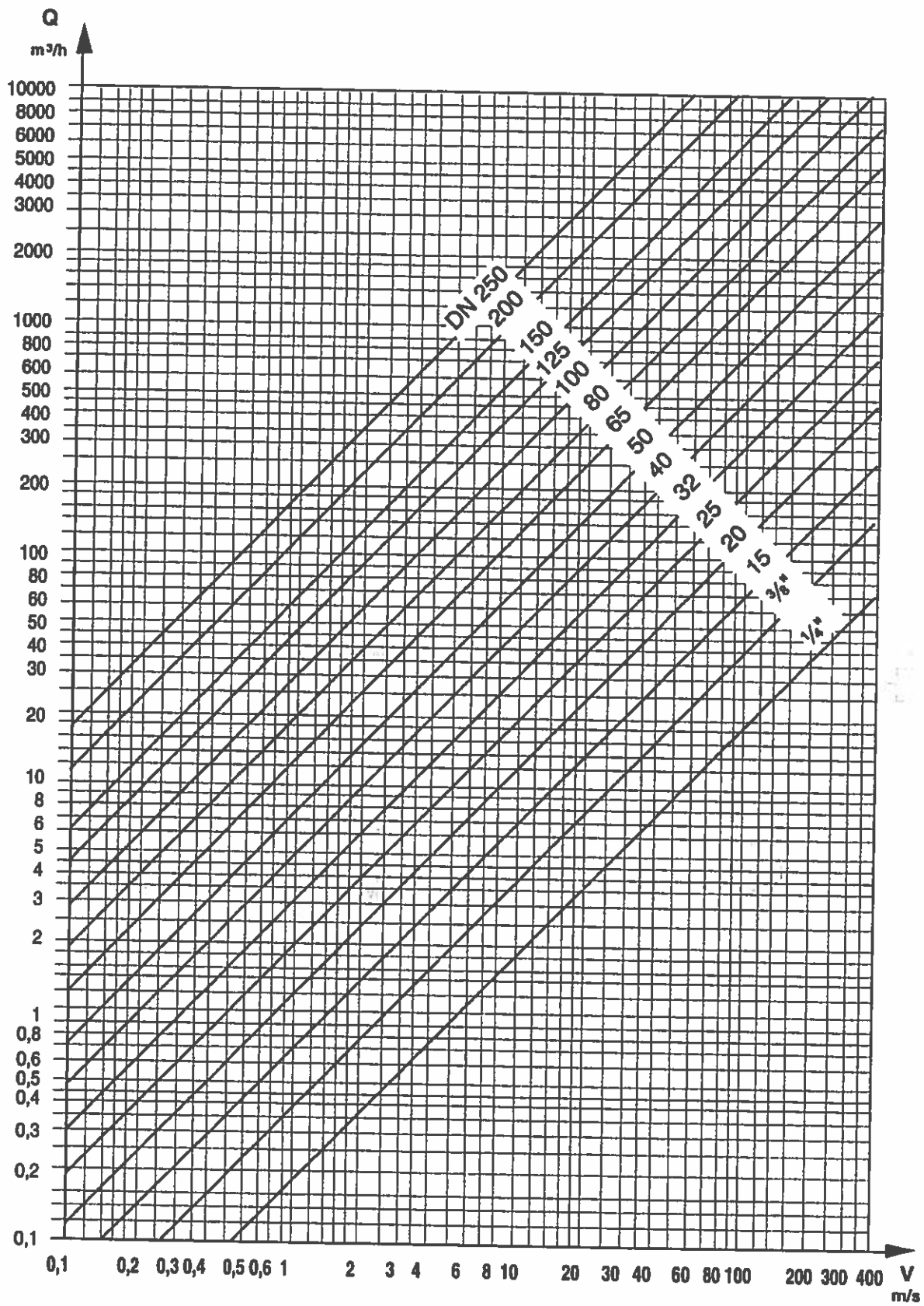


Figure 3.

## 6. Le bouclage du réseau

### 6.1. Le maintien en température du réseau de distribution d'ECS

Il est nécessaire pour le confort des usagers et pour réduire les consommations d'eau de ville, de maintenir en température l'eau du réseau de distribution d'ECS. Il existe deux techniques :

#### • Les cordons chauffants.

Cette technique a pour inconvénient de maintenir de l'eau dormante dans le réseau avec un risque accru de développement bactérien. Elle ne sera donc utilisée qu'avec des canalisations cuivre et pour des installations constamment en service. Elle est déconseillée pour les locaux de santé ou les hôtels par exemple : des chambres peuvent rester inutilisées plusieurs jours (figure 4).

#### • Le recyclage par pompe.

La circulation permanente de l'ECS dans la boucle de distribution est assurée par une pompe spéciale, de faible débit et adaptée à l'eau chaude (pompe en inox, ou en bronze). Sur la boucle, les bras morts doivent être inexistants.

Les raccordements du recyclage doivent être compatibles avec le type de préparateur ECS installé : voir schémas des

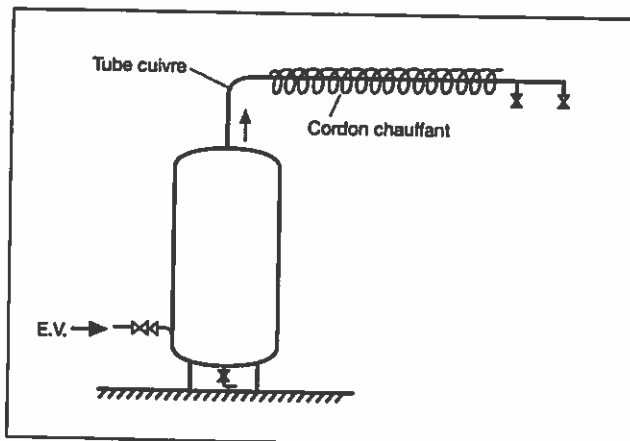


Figure 4.

figures 5 à 8. Un raccordement non conforme peut provoquer un dysfonctionnement général de l'installation.

La puissance absorbée par les déperditions de la boucle doit être compensée, soit par le préparateur, soit par un réchauffeur de boucle séparé.

Le débit de recyclage doit être réparti dans toutes les colonnes de la boucle pour assurer en tous points le maintien en température de l'eau.

Chaque colonne verticale peut être équipée d'un robinet d'é-

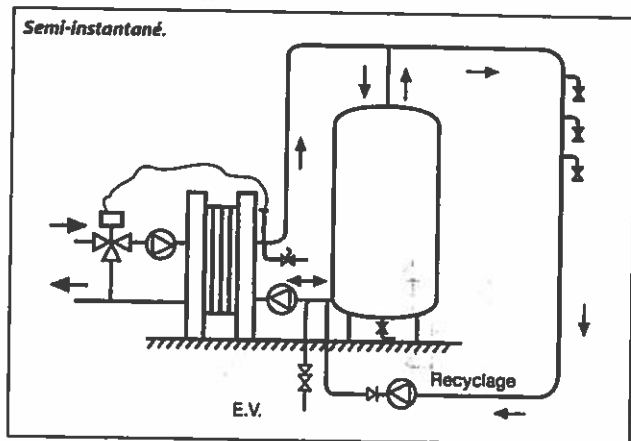


Figure 5.

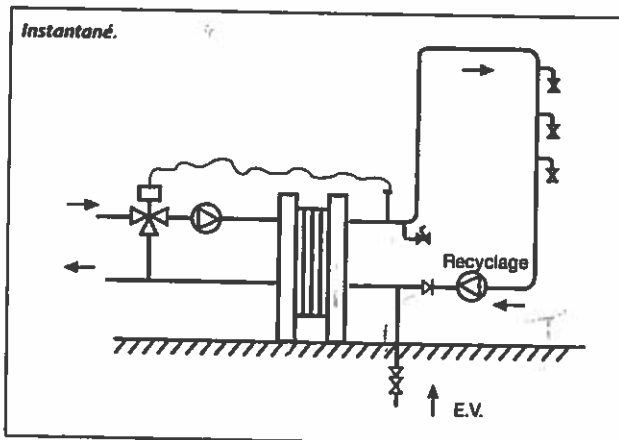


Figure 7.

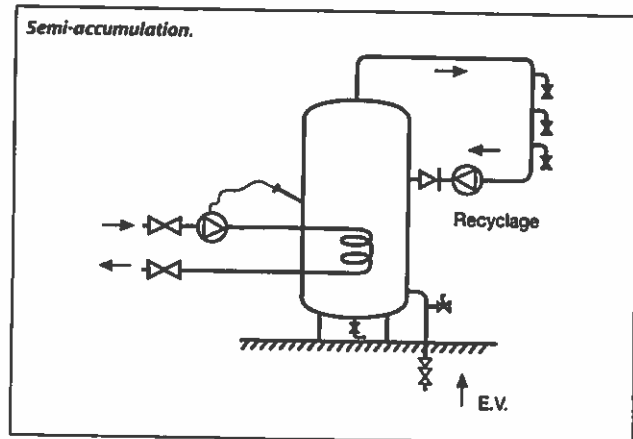


Figure 6.

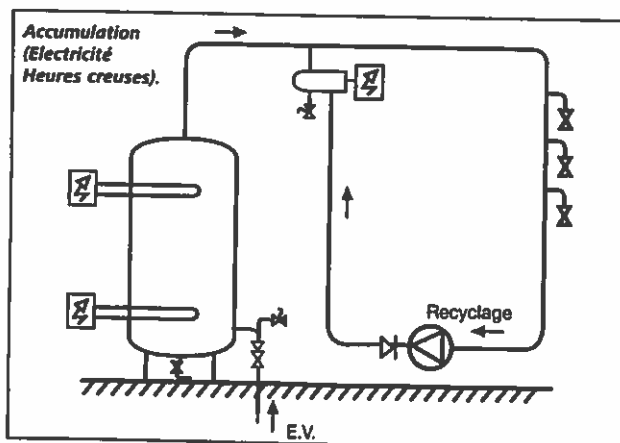


Figure 8.

quillage et dessert les antennes horizontales. Chacune d'elles est complétée d'une canalisation de retour, avec un robinet d'équilibrage indispensable.

Les installations avec préparateurs INSTANTANÉS ou SEMI - INSTANTANÉS n'ont pas à être surdimensionnées pour la boucle (sauf s'il s'agit d'installations très particulières, de très grandes longueurs).

Par contre, les puissances des installations SEMI - ACCUMULATION ou ACCUMULATION doivent être majorées de la puissance des déperditions de la boucle, ou alors il est nécessaire de prévoir un "RECHAUFFEUR DE BOUCLE" indépendant du préparateur.

## 6.2. Vitesse de l'ECS dans la boucle

Les vitesses préconisées de l'ECS dans le réseau, au débit nominal de pointe, sont données tableau 2. En aval des points de raccordement des puisages, dans la boucle, la vitesse de l'eau doit être d'environ **0,5 m/s**.

La vitesse minimale doit être de **0,2 m/s** pour éviter l'accumulation de dépôts.

La vitesse maximale pour des canalisations en cuivre doit être de **1,2 m/s** (voir tableau 3).

## 6.3. Calcul du recyclage

Il existe des logiciels et des méthodes permettant de calculer précisément les débits, les diamètres, les déperditions et les pertes de charge d'un réseau de distribution d'ECS avec recyclage.

Les méthodes simplifiées proposées ci-après peuvent permettre une détermination rapide suffisamment précise :

### a) Pour une installation "modulaire".

Dans le cas d'une pré-détermination de la boucle, on peut retenir : (1 module = 1 appartement ou 1 chambre d'hôtel ou 1 lit d'hôpital...).

#### • Débit de la pompe de recyclage : 30 l/h par module ECS

#### • Ecart de température entre le départ d'ECS et le retour de la boucle :

- ▷ **5 °C** si tubes isolés
- ▷ **7 °C** pour une installation ancienne.

• **DN** des canalisations de la boucle : il est déterminé en fonction du débit théorique, lire le diamètre préconisé au tableau 2.

#### • Déperdition maxi de la boucle :

$$P \text{ (kW)} = \frac{30 \times N \times 5}{860} \text{ pour } \Delta t = 5 \text{ K (installations standard)}$$

$$P \text{ (kW)} = \frac{30 \times N \times 7}{860} \text{ pour } \Delta t = 7 \text{ K (installations très longues, non calorifugées)}$$

N = nombre de modules ECS

860 = conversion kcal en kW

d'où :

$$P \text{ (kW)} = 0,17744 \times N, \text{ si } \Delta t = 5 \text{ K}$$

et

$$P \text{ (kW)} = 0,2442 \times N, \text{ si } \Delta t = 7 \text{ K}$$

DN	un robinet un filtre	un jeu de brides
10	0,5	
15	0,7	
20	0,8	
25	1	
32	1,2	
40	1,3	
50	1,37	0,68
65	1,5	0,75
80	1,5	0,75
100	1,55	0,78

Tableau 4. Déperditions : équivalence (en ml) de quelques accessoires du réseau.

**b) Pour les installations "spéciales", non "modulaires"** (gymnases, pensionnats, complexes sportifs, locaux industriels...).

La longueur du réseau d'ECS et de bouclage ne dépend pas du nombre de points de puisage.

Il faut donc, dans l'ordre :

- calculer le diamètre au départ du préparateur (suivant le débit de pointe maxi d'ECS).
- estimer un débit théorique de recyclage, en fonction de la longueur des réseaux (figure 9).
- choisir les diamètres de recyclage au vu de ce débit théorique (tableaux 2 et 3), respecter la vitesse de 0,2 m/s.

#### EXEMPLE :

Soit 45 m de réseau ECS avec départ en DN 50, et 46 m pour le retour boucle en DN 1" (26 x 34).

Débits nécessaires (courbe de la figure 9) :

▷ DN 50 → L = 45 m, débit = 0,75 m³/h

▷ DN 1" (26 x 34) → L = 46 m, débit = 0,42 m³/h

d'où le débit total de la boucle = **1,17 m³/h**

#### c) Calcul exact des déperditions de la boucle et choix de la pompe de recyclage

Pour calculer les déperditions exactes du réseau de distribution + boucle ECS, il faut :

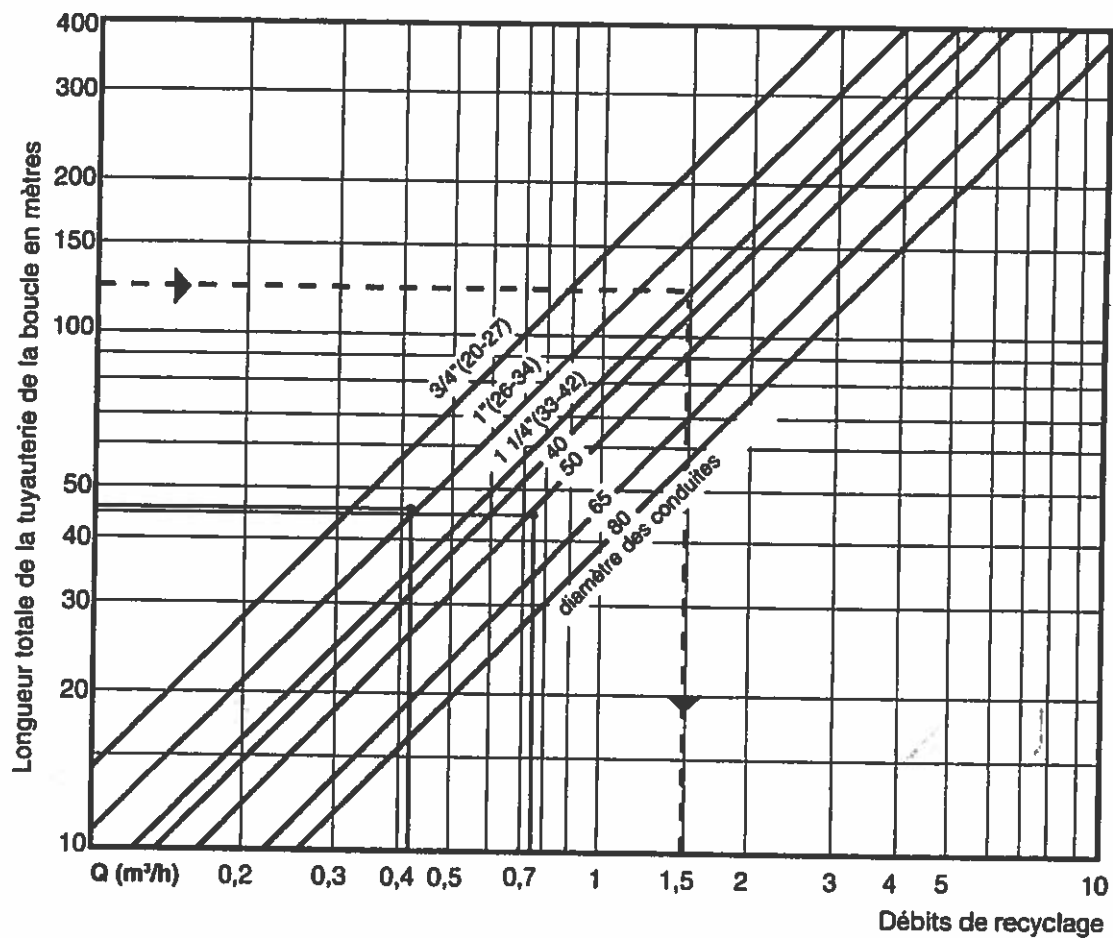
- ▷ mesurer les longueurs exactes des canalisations pour chaque diamètre de tube,
- ▷ ajouter à ces longueurs les longueurs équivalentes correspondant aux robinets, filtres, raccords (tableau 4).

Par contre, les accessoires spéciaux (bouteilles...) seront calculés par rapport à la surface du calorifugeage à réaliser, ce qui correspondra à une longueur théorique de tube du diamètre considéré.

La somme des deux donne une longueur totale équivalente, en mètres linéaires. On lit, sur les abaques de la figure 10 (tubes nus) ou de la figure 11 (tubes calorifugés) les déperditions en kcal/h.m, suivant le cheminement suivant :

- ① = Ecart entre T tube et T ambiance
- ② = DN tube
- ③ = Ecart entre T tube et T ambiance
- ④ = Déperditions (kcal/h.m).

Multiplier le résultat obtenu par la longueur du tube et diviser



Exemple du graphique ci-dessus :

• longueur totale : 130 m

• Diamètre : 1 1/4" (33-42).

Le suivi des pointillés conduit à un débit de 1,5 m³/h.

La hauteur manométrique est représentée uniquement par les pertes de charge à vaincre dans la tuyauterie de la boucle de distribution pour assurer le débit calculé.

Ces pertes de charge peuvent être calculées à l'aide des abaques eau chaude (Flamant).

Figure 9. Calcul du débit de recyclage en fonction de la longueur du réseau.

$$P = K.S.\Delta t$$

(kcal / h.m)

- ① Ecart de température entre le tube et l'ambiance
- ② DN tube
- ③ Ecart de température entre le tube et l'ambiance
- ④ Déperditions (kcal/h.m)

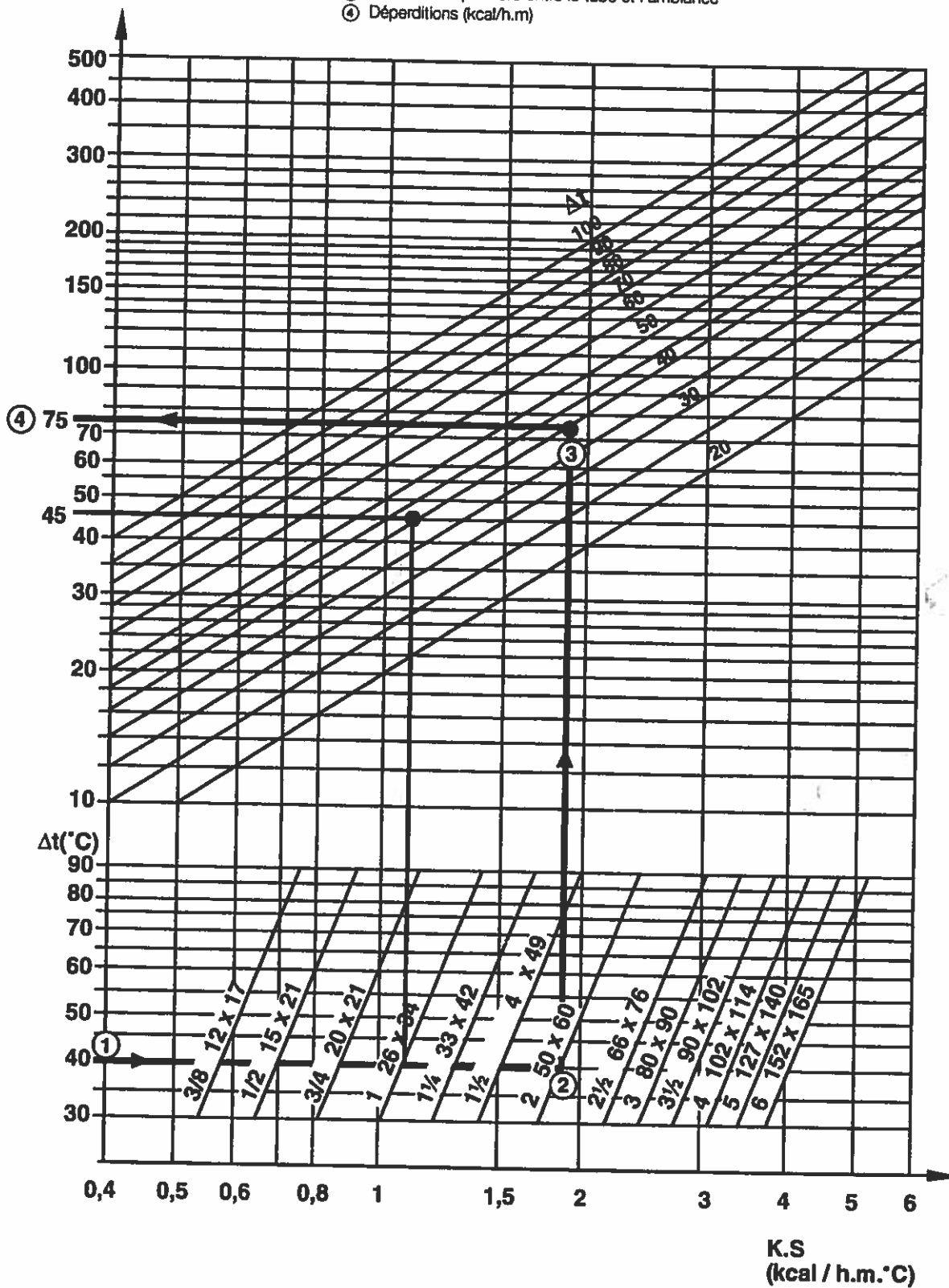


Figure 10. Déperditions des tubes nus.

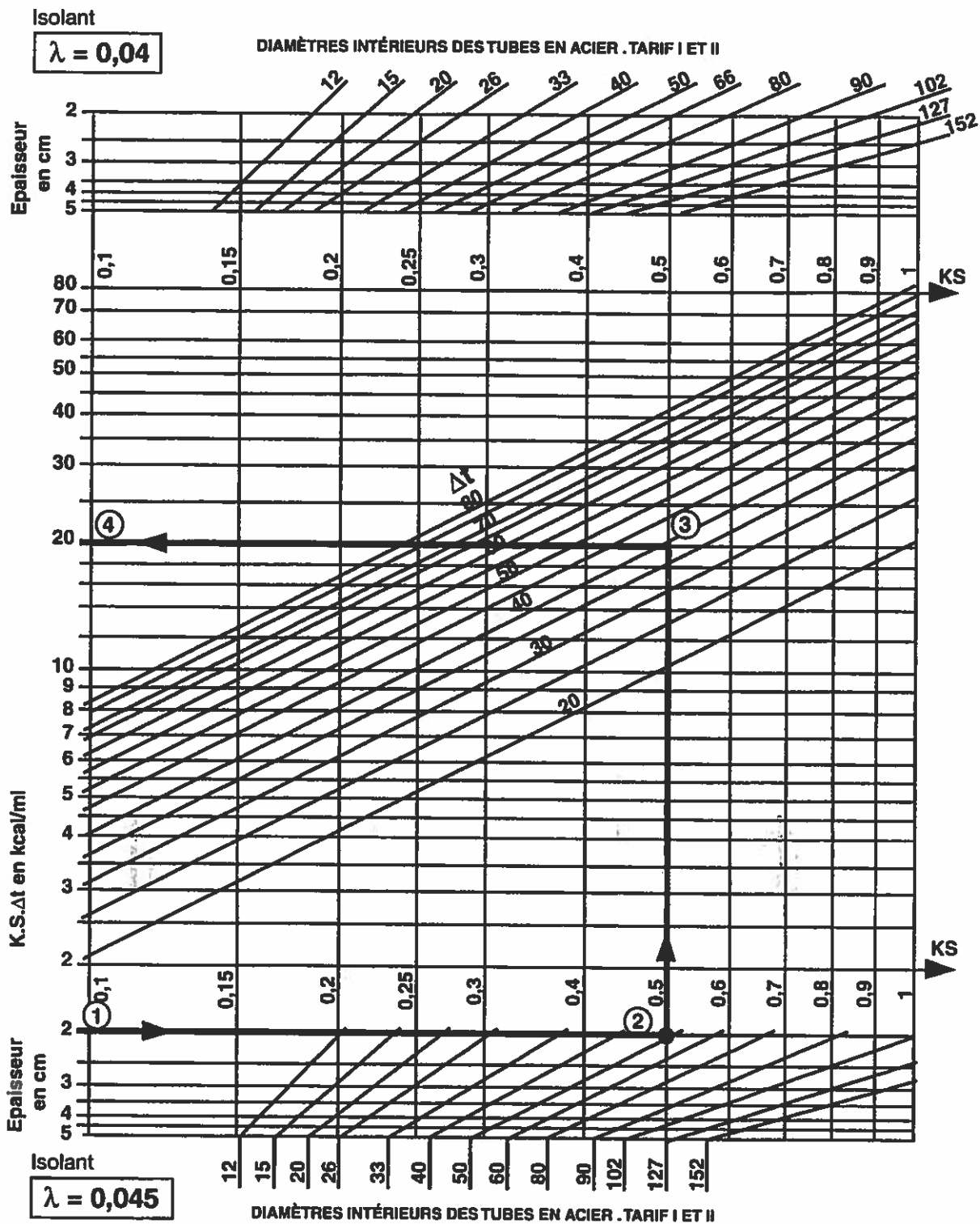


Figure 11. Déperditions des tubes calorifugés.

par 860 pour connaître les déperditions en kW

$$P \text{ (kW)} = \frac{\Sigma \text{ déperd. tubes (kcal/h/ml)} \times L \text{ équivalent}}{860}$$

et,

$$\text{débit de la pompe de recyclage} = \frac{P \text{ déperditions (kW)} \times 860}{5}$$

(L'écart de température entre le départ d'ECS et le retour du recyclage est de 5 °C maxi lorsque les tubes sont calorifugés).

#### 6.4. Remarque importante sur le débit maximal de la boucle

Lorsque le préparateur d'ECS est équipé d'une pompe de charge avec un échangeur extérieur au ballon de stockage (exemple : préparateur semi-instantané avec échangeur à plaques), la pompe de recyclage doit avoir un débit inférieur ou égal aux 2/3 du débit de la pompe de charge placée sur l'échangeur.

Le calcul du débit de la pompe de charge (P2 sur la figure 4 du chapitre 3) en fonction de la puissance nominale du préparateur d'ECS est le suivant :

$$Q_{pc} = \frac{P \text{ préparateur} \times 860}{(55 - 10)}$$

Soit

$$Q_{pc} \text{ (l/h)} = P \text{ (kW)} \times 19,1$$

Le débit maximal de la pompe de boucle  $Q_b$  est :

$$Q_b \text{ (l/h)} = Q_{pc} \times 2/3$$

$$Q_b \text{ (l/h)} = P \text{ (kW)} \times 19,1 \times 0,66$$

d'où

$$Q_b \text{ (l/h)} = P \text{ (kW)} \times 12,74$$

EXEMPLE :

Préparateur semi-instantané de 200 kW.

$$Q_{pc} = 200 \times 19,1 = 3820 \text{ litres / heure}$$

$$Q_b \text{ maxi} = 200 \times 12,74 = 2548 \text{ litres / heure}$$

#### 6.5. Déperditions thermiques des tubes

##### 6.5.1. Déperditions thermiques des tubes nus

Les valeurs données par l'abaque de la figure 10 représentent les déperditions des canalisations d'ECS, en kilocalories par heure, par mètre linéaire, pour les écarts  $\Delta t$  de température entre le fluide véhiculé et l'ambiance.

Les déperditions thermiques de chaque tronçon du même diamètre nominal, seront de :

$$P \text{ (kW)} = \frac{(K \text{ (kcal/h.m)} \times L \text{ équivalent (mètre)})}{860}$$

ou encore,

$$P \text{ (kW)} = K \text{ (kcal/h.m)} \times L \text{ équivalent (mètre)} \times 4,186$$

Les déperditions totales seront la somme des déperditions de chaque tronçon.

##### 6.5.2. Déperditions thermiques des tubes calorifugés

La procédure est la même que pour les tubes nus, mais on utilisera l'abaque de la figure 11.

**Nota :**

Les graduations des  $\Delta t$  des abaques des figures 10 et 11 ne sont pas logarithmiques.

#### 6.6. Exemple de calcul d'un réseau de distribution d'ECS avec bouclage

Soit 25 logements type F4, standing normal

Température ECS : 55 °C

**a) Calcul du débit d'ECS, en litres/heure, au départ du réseau (chapitre 3 § 1.1) :**

$$Q \text{ (l/h)} = 0,36 \times Q_m \times N \times S \times 6$$

avec

$$Q_m = 180$$

$$K3 \text{ et } K4 = 1$$

$$N = 25$$

$$S = \text{coefficient de simultanéité} = 0,415 \text{ (chapitre 3 § 6.8)}$$

$$Q \text{ (l/h)} \text{ départ ECS} = 0,36 \times 180 \times 25 \times 0,415 \times 6 = 4034 \text{ l/h} = 4,034 \text{ m}^3/\text{h}$$

**b) Calcul du débit de recyclage**

Débit théorique = 30 l/h/logement (chapitre 4 § 6.3)

$$Q \text{ (l/h)} \text{ boucle} = 30 \times 25 = 750 \text{ l/h} = 0,75 \text{ m}^3/\text{h}$$

**c) Dimensionnement des conduites d'ECS (chapitre 4 § 5.2)**

▷ Départ ECS : 4,03 m<sup>3</sup>/h → DN 50 (tableau 2)

▷ Retour boucle : 0,75 m<sup>3</sup>/h → DN 25 (tableau 2)

**Nota :**

• La vitesse de l'eau dans la boucle de retour (DN 25) sera bien, comme préconisé, supérieure à 0,2 m/s (tableau 3).

• Si le préparateur d'ECS choisi est un préparateur "Semi-instantané", vérifier également que le débit de la pompe de boucle reste inférieur ou égal aux 2/3 du débit de la pompe de charge (chapitre 3, figure 4)

d'où :

▷ Départ du réseau d'ECS → DN 50 x 60

Longueur totale équivalente (réelles + théoriques) = 45 mètres (tableau 4)

▷ Réseau de retour de la boucle → DN 26 x 34

Longueur totale = 40 mètres.

**d) Calcul des déperditions du réseau d'ECS**

$$\text{Déperdition } P \text{ (kW)} = P \text{ (kcal/h.m)} \times L \text{ (m)} / 860$$

Tronçons	Tubes nus (Réf. : figure 10)	Tubes calorifugés (Réf. : figure 11)
Départ : 50 x 60 ③ : $\Delta T = 40$ ④ = 75	① : $\Delta T = 40$ ② 50 x 60 ③ DN 50 ④ : $\Delta T = 40$ ④ = 20 $P \text{ (kW)} = 75 \times \frac{45}{860} = 3,92$	① épaisseur = 2 cm $\lambda = 0,045$ $P \text{ (kW)} = 20 \times \frac{45}{860} = 1,04$
Boucle : 26 x 34	④ = 45 $P \text{ (kW)} = 45 \times 40 / 860 = 2,09$	$P \text{ (kW)} = 12,5 \times 40 / 860 = 0,58$
Total des déperditions :	<b>6,01 kW</b>	<b>1,62 kW</b>



**Nota :**

a) Une estimation basée sur un débit de boucle de 30 l/h par logement et un  $\Delta t$  de 5 °C (chapitre 4 § 6.3) aurait donné des déperditions maximales de :

$$\frac{30 \times 25 \times 5}{860} = 4,36 \text{ kW}$$

b) Un débit de boucle calculé avec la figure 9 aurait donné :

▷ 45 m, DN 50 = 0,75 m³/h

▷ 40 m, DN 26 = 0,37 m³/h

Total = 1,12 m³/h

soit, avec un  $\Delta t$  de 5 °C, une déperdition maximale de

$$\frac{1120 \times 5}{860} = 6,5 \text{ kW}$$

c) Un calcul du débit de boucle réalisé à partir des déperditions, aurait donné :

- avec des tubes nus ( $P = 6,01 \text{ kW}$ , tableau figure 10) :

$$\frac{6,01 \times 860}{5} = 1120 \text{ litres/heure}$$

- avec des tubes calorifugés :

$$\frac{1,62 \times 860}{5} = 279 \text{ litres/heure}$$

**Conclusion :** on retiendra, pour la pompe de recyclage, un débit d'environ 750 l/h (estimation § 6.6-b), débit adaptable en fonction des pompes disponibles chez les fournisseurs. Cette pompe doit être prévue pour l'ECS (corps Inox ou bronze).

**Nota :**

**Il faut toujours prévoir une vanne d'équilibrage pour ajuster et contrôler le débit de bouclage**, principalement si le préparateur d'ECS choisi est un préparateur "Semi-instantané".

## 7. Calcul des pertes de charge dans le réseau ECS

### 7.1. Formules générales

(1 mmCE = 10 Pa)

$$J \text{ (Pa/m)} = \frac{25200 \times v^{1,84} \text{ (m/s)}}{\varnothing^{1,25} \text{ (mm)}} \quad [1]$$

$$J \text{ (Pa/m)} = \frac{3720 \times Q^{1,84} \text{ (l/h)}}{\varnothing^{1,84} \text{ (mm)}} \quad [2]$$

$$\Delta p \text{ totale (Pa)} = J \text{ (Pa/m)} \times L \text{ (m)} \quad [3]$$

### 7.2. Méthode de calcul de la perte de charge

a) Relever les longueurs réelles de tubes et les diamètres. Calculer les débits d'eau et les vitesses d'écoulement correspondantes (voir abaque de la figure 3).

b) Ajouter aux longueurs réelles, les "longueurs équivalentes" dues aux pertes de charge singulières (abaque de la figure 12). Pour chaque diamètre de tube, la longueur réelle + la longueur équivalente donnent une longueur totale théorique.

c) Calculer successivement les pertes de charge de chaque tronçon puis la perte de charge totale : utiliser les formules générales (§ 7.1) ou les abaques des figures 13, 14 et 15.

### 7.3. Équivalence des pertes de charge singulières en longueurs droites de tuyauteries (abaque figure 12)

### 7.4. Abaque "diamètre, débit, vitesse, perte de charge" (figure 13)

**EXEMPLE :**

Lire sur abaque de la figure 13.

DN = 80 (Ø 84,9 x 88,9) : point A

Débit = 22 m³/h : point B

Vitesse = 1 m/s : point C

$\Delta p$  (Pa/m) = 140 Pa/m : point D

Si longueur réelle = 100 mètres et, longueur équivalente (voir abaque de la figure 12) :

▷ 8 coudes = 8 m

▷ 2 vannes à passage direct = 1,4 m,

on obtient une longueur totale équivalente égale à 109,4 mètres.

La perte de charge est donc :

$$\Delta p (20 \text{ °C}) = 140 \times 109,4 = 15316 \text{ Pa}$$

### Vérifications avec les différentes formules de calcul des pertes de charge :

a) Calcul de la vitesse exacte de l'eau dans le tube Ø 84,9 mm

$$v \text{ (m/s)} = \frac{22 \text{ (m³/h)}}{\pi \times 0,04245^2 \times 3600} = 1,08 \text{ m/s}$$

b) Calcul de la perte de charge exacte avec la formule générale [1] (§ 7.1)

$$\Delta p \text{ (Pa)} = \frac{109,4 \text{ (m)} \times 25200 \times (1,08^{1,84})}{84,9^{1,25}} = 12325 \text{ Pa}$$

(Sachant que 1 mm CE = 10 Pa,  $\Delta p$  est de 1232,5 mm CE ou encore 1,23 mCE)

c) Calcul de la perte de charge exacte, avec la formule générale [2], (§ 7.1)

$$\Delta p \text{ (Pa)} = \frac{109,4 \text{ (m)} \times 3720 \times (22000^{1,84})}{84,9^{1,84}} = 11771 \text{ Pa}$$

d) Calcul avec l'abaque figure 14, donnant la perte de charge en mCE par mètre :

$$Q = \frac{22000}{3600} = 6,11 \text{ litres/seconde et tube } \varnothing 80, \text{ donnent } J = 0,015 \text{ mCE/m.}$$

$$\text{d'où } \Delta p \text{ (mCE/m)} = 0,015 \times 109,4 \text{ (m)} = 1,64 \text{ mCE.}$$

### Conclusions :

● Les différentes méthodes de calcul donnent des résultats très proches (1,53 mCE ; 1,23 mCE ; 1,18 mCE et 1,64 mCE), valeurs suffisamment précises pour le choix d'une pompe.

● À cette perte de charge dans le réseau, il faut que la pompe de boucle puisse également vaincre une perte de charge supplémentaire d'environ 1 m CE dans la vanne d'équilibrage : cette vanne est à prévoir au refoulement de la pompe pour permettre de limiter le débit d'eau maxi dans la boucle.

Il faut ensuite vérifier que la pompe de boucle assure toujours une vitesse d'eau minimum de 0,2 m/s dans toutes les branches du réseau de distribution : le débit correspondant peut être différent des 30 l/h/logement théoriques.

Il faut enfin vérifier que le débit de la pompe de boucle reste inférieur ou égal aux 2/3 du débit de la pompe de charge, si le préparateur d'ECS est du type "semi-instantané" (voir § 6.4).

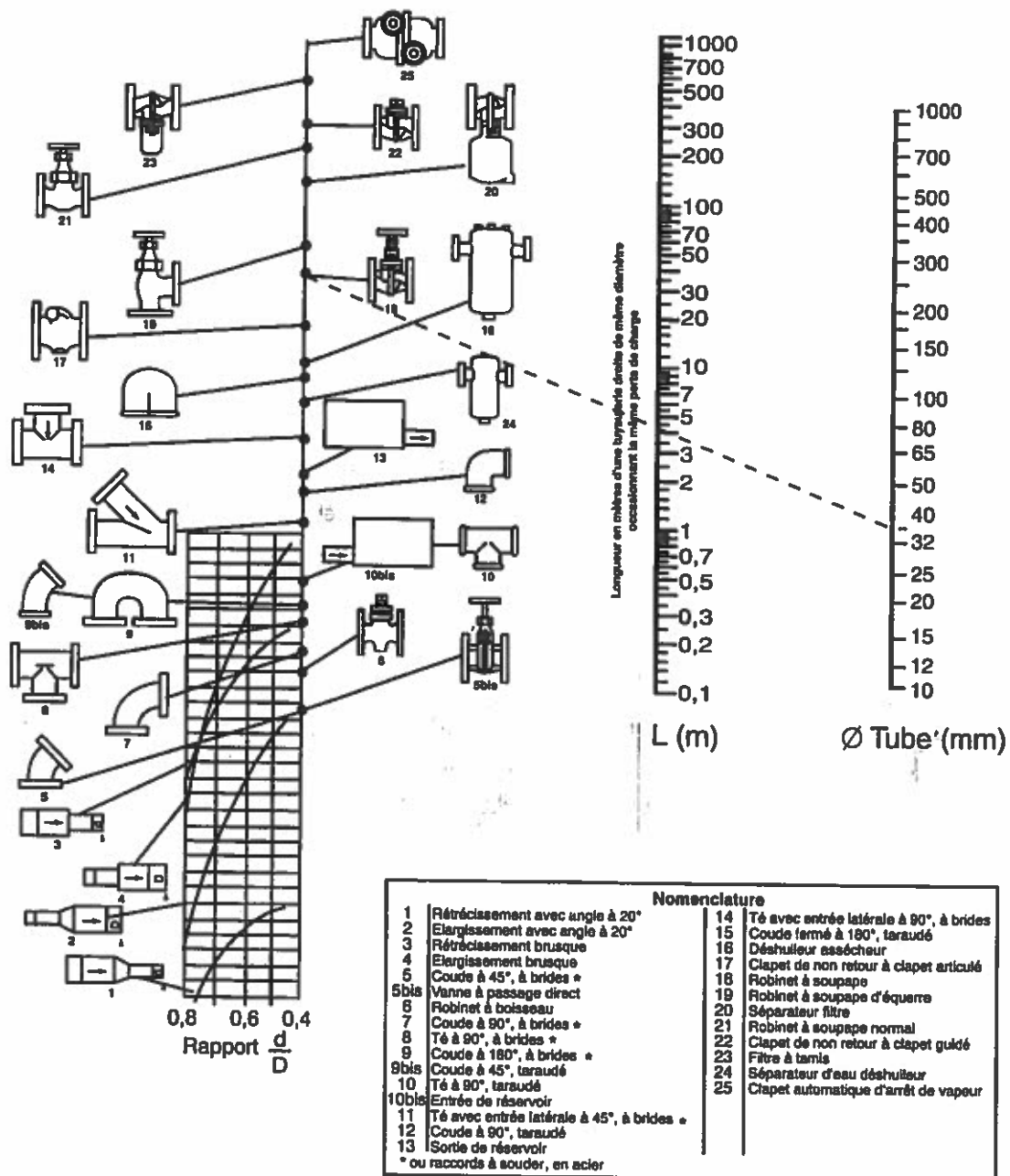


Figure 12. Pertes de charge singulières (longueur équivalente de tube).

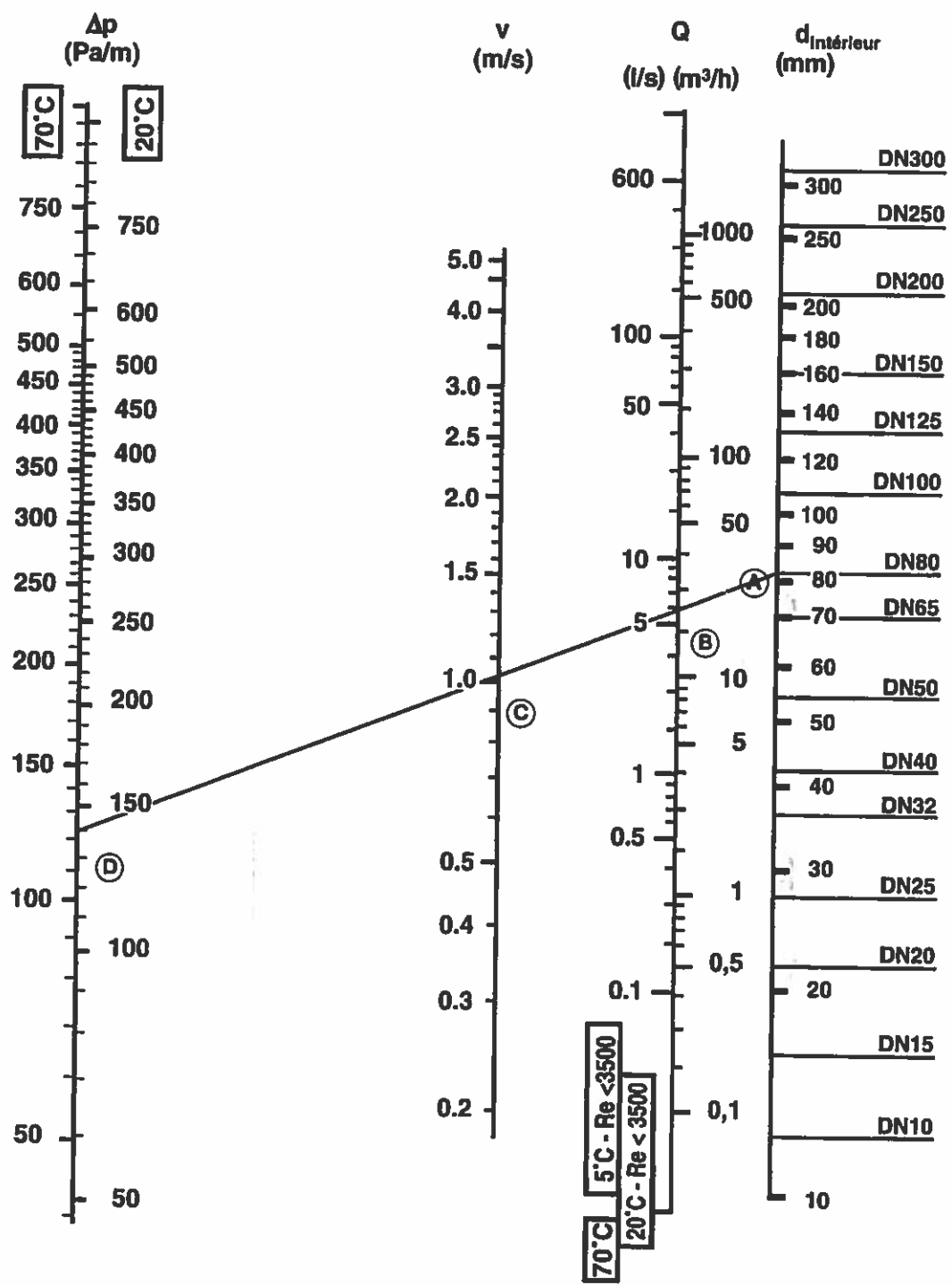


Figure 13. Pertes de charge linéaires (eau).

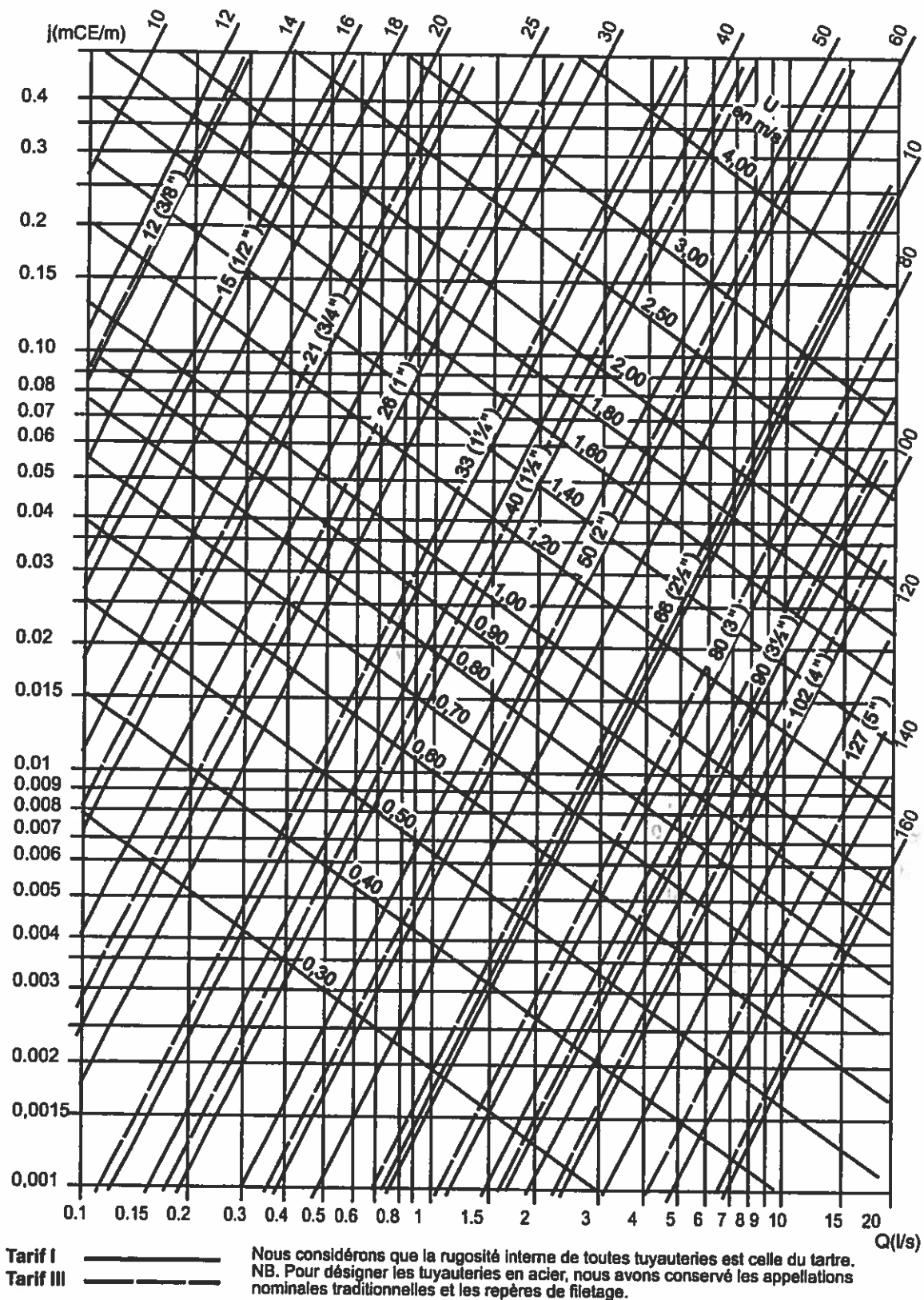
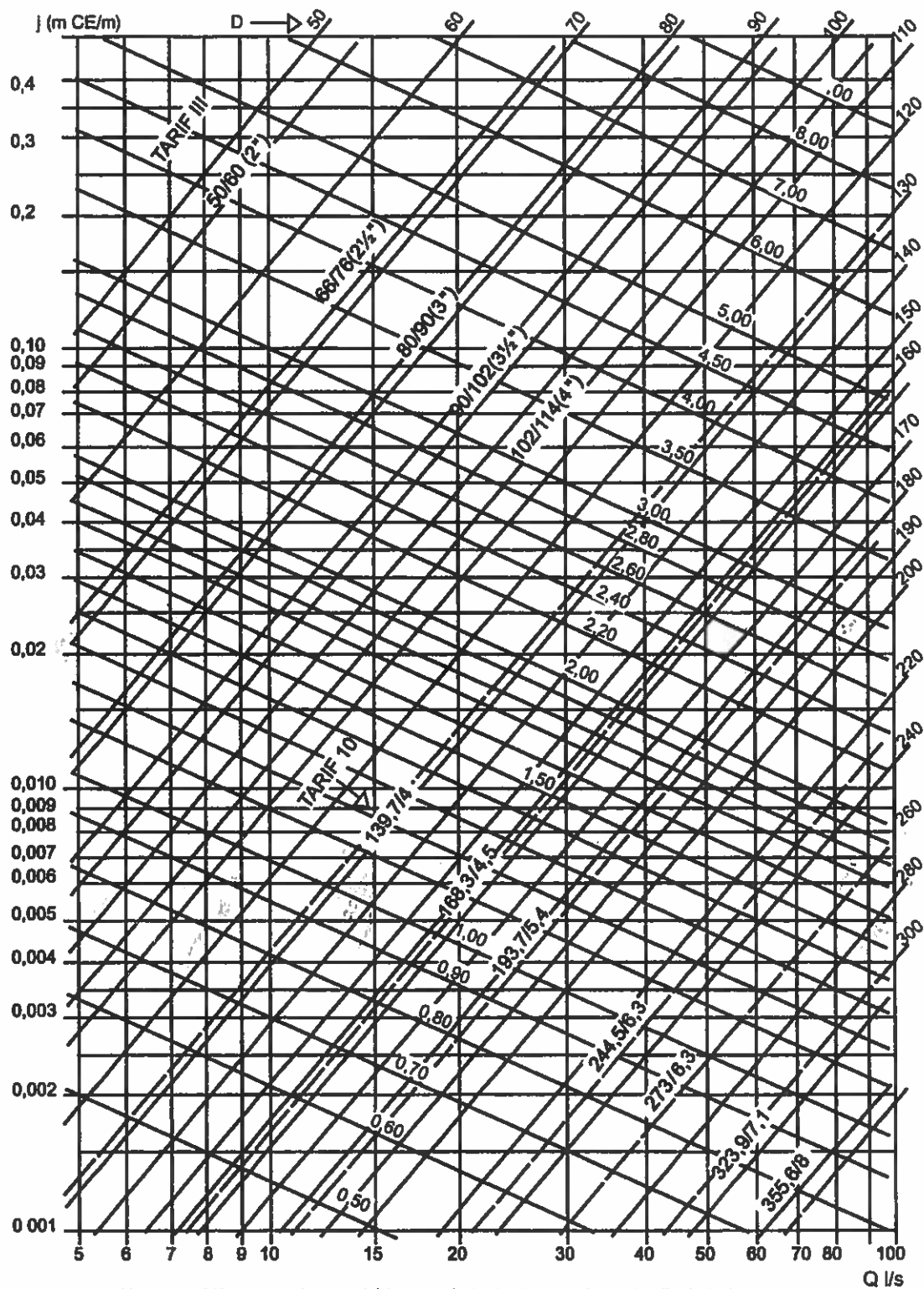


Figure 14. Pertes de charge linéaires, petits diamètres (eau).



Nous considérons que la rugosité interne de toutes tuyauteries est celle du tarte.  
 NB. Pour désigner les tuyauteries en acier, nous avons conservé les appellations  
 nominales traditionnelles et les repères de filetage.

Figure 15. Pertes de charge linéaires, grands diamètres (eau).

### 7.5. Abaque pertes de charge ECS (tubes rugueux, petits diamètres)

Voir abaque figure 14.

### 7.6. Abaque pertes de charge ECS (tubes rugueux, gros diamètres)

Voir abaque figure 15.

## 8. Calcul du $k_v$ des vannes de régulation sur le réseau primaire ECS

### 8.1. Primaire : Vapeur BP - Vanne 2 voies

$$k_v = \frac{Q \text{ (kg/h)}}{m \cdot Z} = \frac{P \text{ (kW)} \times 1,61}{m \cdot Z}$$

Q : débit massique vapeur (kg/h)

P : puissance de l'échangeur (kW)

m : fonction de  $\frac{P_{\text{aval}} \text{ (Abs)}}{P_{\text{amont}} \text{ (Abs)}}$

P aval : pression en aval de la vanne de régulation à calculer. C'est la pression dans l'échangeur

P amont : pression de vapeur BP distribuée.

Elle est  $\leq 0,5$  bar relatif et  $\leq 1,5$  bar absolu

Z : Fonction de P amont (Abs) (bar)

P (Abs) bar : pression absolue = P relative + 1

Les valeurs de m et Z sont données dans le tableau 5.

Dans la vanne de régulation, on peut admettre une perte de charge égale à 50 % de la pression de vapeur distribuée, d'où pression vapeur BP dans l'échangeur :

$$P_{\text{aval}} \text{ (Abs)} = 1 + \frac{P_{\text{amont}} \text{ (Abs)} - 1}{2}$$

#### EXEMPLE :

• Vapeur distribuée à 400 g = 1,4 bar Abs.

$$P_{\text{aval}} \text{ (Abs)} \text{ dans l'échangeur} = 1 + \frac{1,4 - 1}{2} = 1,2 \text{ bar Abs.}$$

• Echangeur P = 200 kW

Calcul du  $k_v$  de la vanne de régulation à placer sur l'arrivée de vapeur BP.

$$\triangleright P_1 \text{ (Abs)} = 1,4 \text{ bar}$$

$$\triangleright \frac{P_2 \text{ (Abs)}}{P_1 \text{ (Abs)}} = \frac{1,2}{1,4} = 0,857$$

d'où m = 0,76 (tableau 5)

et z pour  $P_1$  (Abs) de 1,4 bar = 15 (tableau 5)

ce qui donne :

$$k_v = \frac{200 \times 1,61}{0,76 \times 15} = 20,24$$

On peut donc déterminer la vanne correspondante.

### 8.2. Primaire : Eau - Vanne 2 ou 3 voies

Voir figures 16 et 17.

Pour que la vanne de régulation ait une "autorité" suffisante, sa perte de charge doit être environ égale à la perte de charge de

$\frac{P2 \text{ (Abs)}}{P1 \text{ (Abs)}}$	m	P1 (Abs)	Z
0,6	1	1,05	11,35
0,65	0,99	1,075	11,65
0,7	0,96	1,1	11,9
0,75	0,92	1,125	12,15
0,8	0,86	1,15	12,4
0,825	0,825	1,175	12,65
0,85	0,77	1,2	12,9
0,875	0,73	1,225	13,15
0,9	0,66	1,25	13,41
0,91	0,63	1,275	13,65
0,92	0,61	1,3	13,9
0,93	0,58	1,325	14,17
0,94	0,52	1,35	14,45
0,95	0,48	1,375	14,77
0,96	0,44	1,4	15
0,97	0,36	1,425	15,25
0,98	0,32	1,45	15,5
0,99	0,22	1,475	15,75
		1,5	16

Tableau 5. Vapeur BP. Valeur de m et Z.

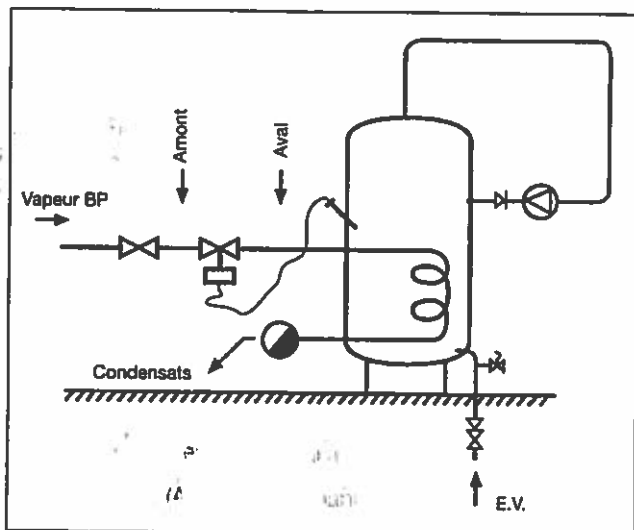


Figure 16. Vanne 2 voies vapeur BP.

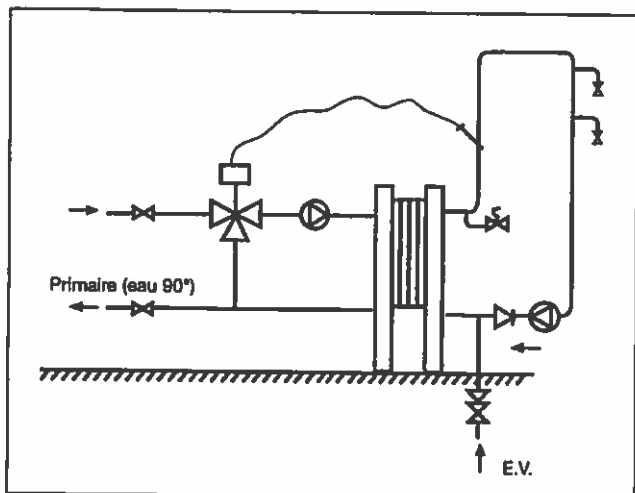


Figure 17. Vanne 3 voies sur échangeur à plaques.

l'échangeur.

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = k_v \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}$$

$$k_v = Q \times \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} \text{ et } \Delta p = \left( \frac{Q}{k_v} \right)^2 \times \rho$$

$\Delta p$  en bar

$\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$  pour l'eau.

$Q =$  débit d'eau (m<sup>3</sup>/h)

EXEMPLE :

Echangeur de 200 kW.

Primaire = eau 75 °C / 40 °C.

$\Delta p$  échangeur = 3 mCE = 0,3 bar

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = \frac{(200 \times 860)}{(75 - 40)} = 4914 \text{ litres/heure}$$

$$= 4,91 \text{ m}^3\text{/h}$$

$$k_v = 4,91 \times \sqrt{\frac{1}{0,3}} = 8,97$$

Les  $k_v$  des vannes disponibles chez les fabricants étant de 8-10-12, etc..., pour avoir une vanne avec une bonne autorité, on choisira une vanne avec un  $k_v$  de 8.

$\Delta p$  exact vanne de régulation avec ce  $k_v$  de 8 :

$$\left( \frac{4,914}{8} \right)^2 \times 1 = 0,377 \text{ bar} = 3,77 \text{ mCE}$$

### 8.3. Diagramme pour une lecture directe du coefficient $k_v$ pour l'eau

Voir abaque figure 18.

a) Exemple de choix du  $k_v$ , en fonction d'un débit de 4914 l/h, soit 81,9 l/min et un  $\Delta p$  de 3 mCE.

On lit directement sur l'abaque de la figure 18 un  $k_v$  de 9 environ.

Sur l'abaque de la figure 19, on lit également, pour  $Q = 4,91 \text{ m}^3\text{/h}$ ,  $\Delta p = 3 \text{ mCE} = 0,3 \text{ bar}$ , une vanne DN 25,  $k_v = 8$  de la société SIEMENS.

### 8.4. Remarques sur les positions du montage des sondes de régulation

Voir figures 20, 21 et 22

## 9. Schémas

### 9.1. La chaudière de chauffage assure la production d'ECS

Voir figure 23.

**Nota :** Si le générateur de chaleur est un échangeur alimenté en vapeur HP (type CPCU) ce montage est déconseillé car :

- aux faibles puissances (l'été), le seul "coefficient de fuite" de la vanne de régulation primaire peut entraîner une surchauffe du circuit de chauffage,
- une pompe de recyclage sur le secondaire de l'échangeur provoquera une montée en température des retours : les condensats seront moins bien sous-refroidis, d'où une diminution du rendement de l'installation,
- la vanne vapeur est surdimensionnée pour la seule production d'ECS. Ceci provoquera un "laminage" intensif dans la vanne et une usure rapide du siège et du clapet. Cet inconvénient peut entraîner la nécessité de deux lignes de détente vapeur montées en parallèle : une ligne "Hiver" et une ligne "Eté" (figure 24).

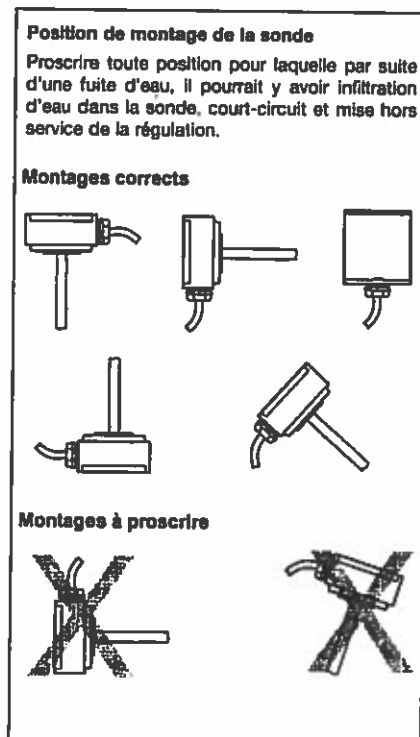


Figure 20.

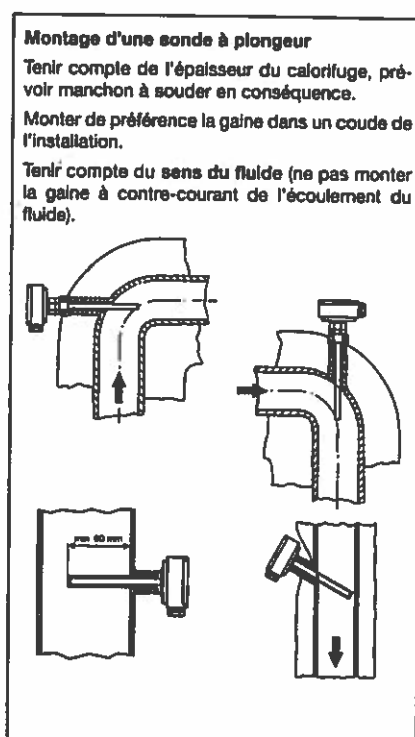


Figure 21.

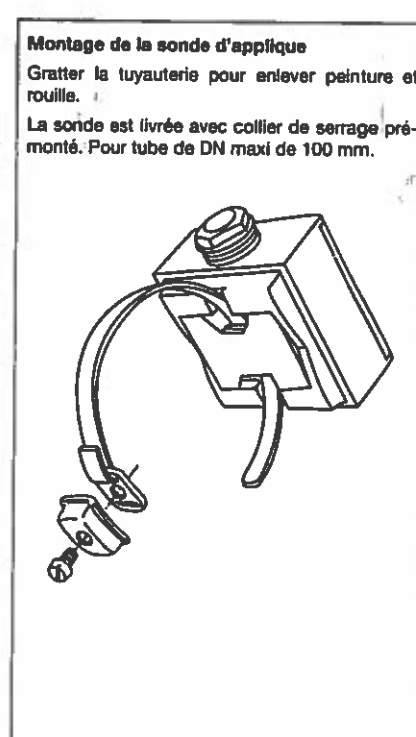


Figure 22.

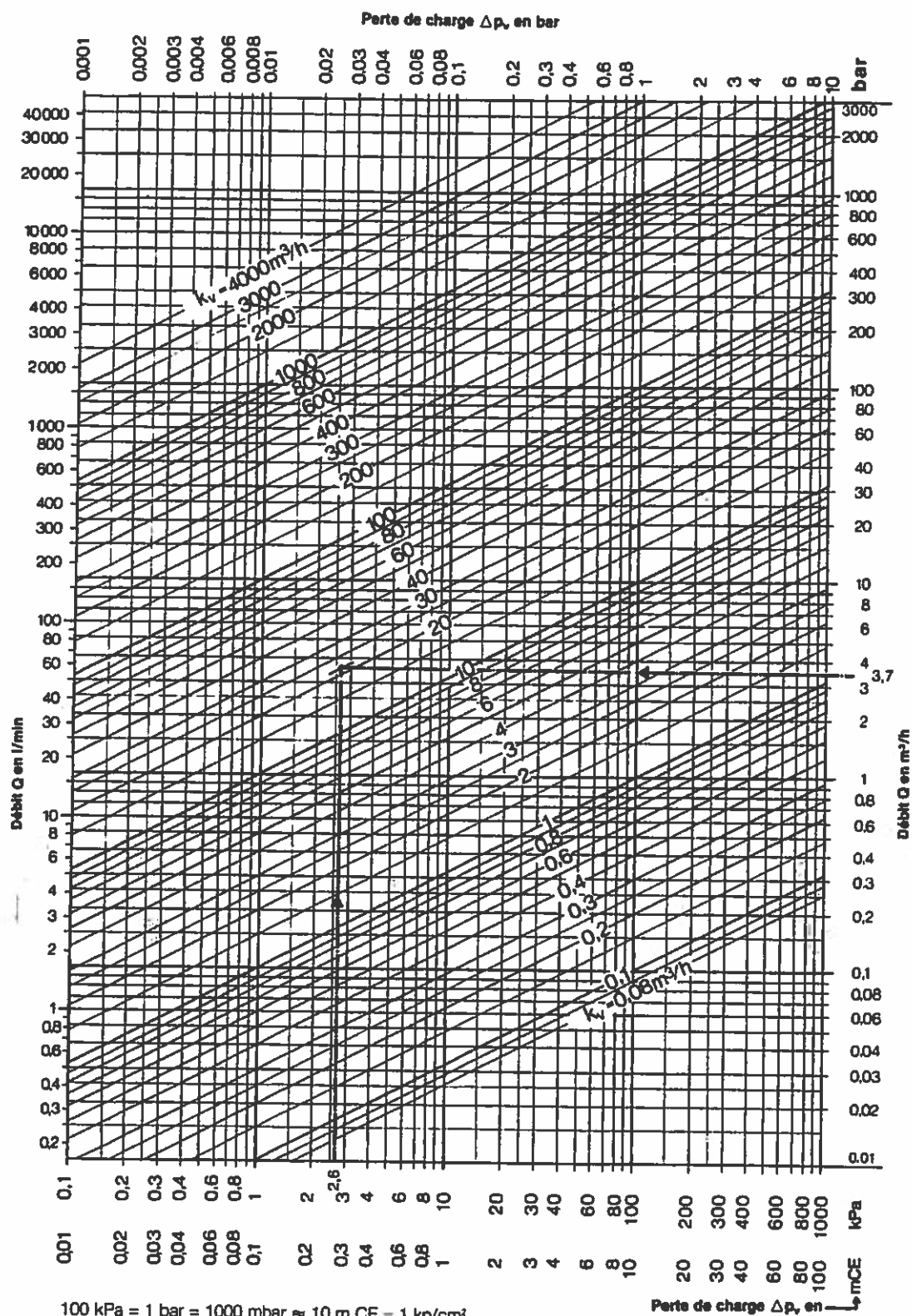


Figure 18.  $k_v$ , vannes 2 ou 3 voies (eau).



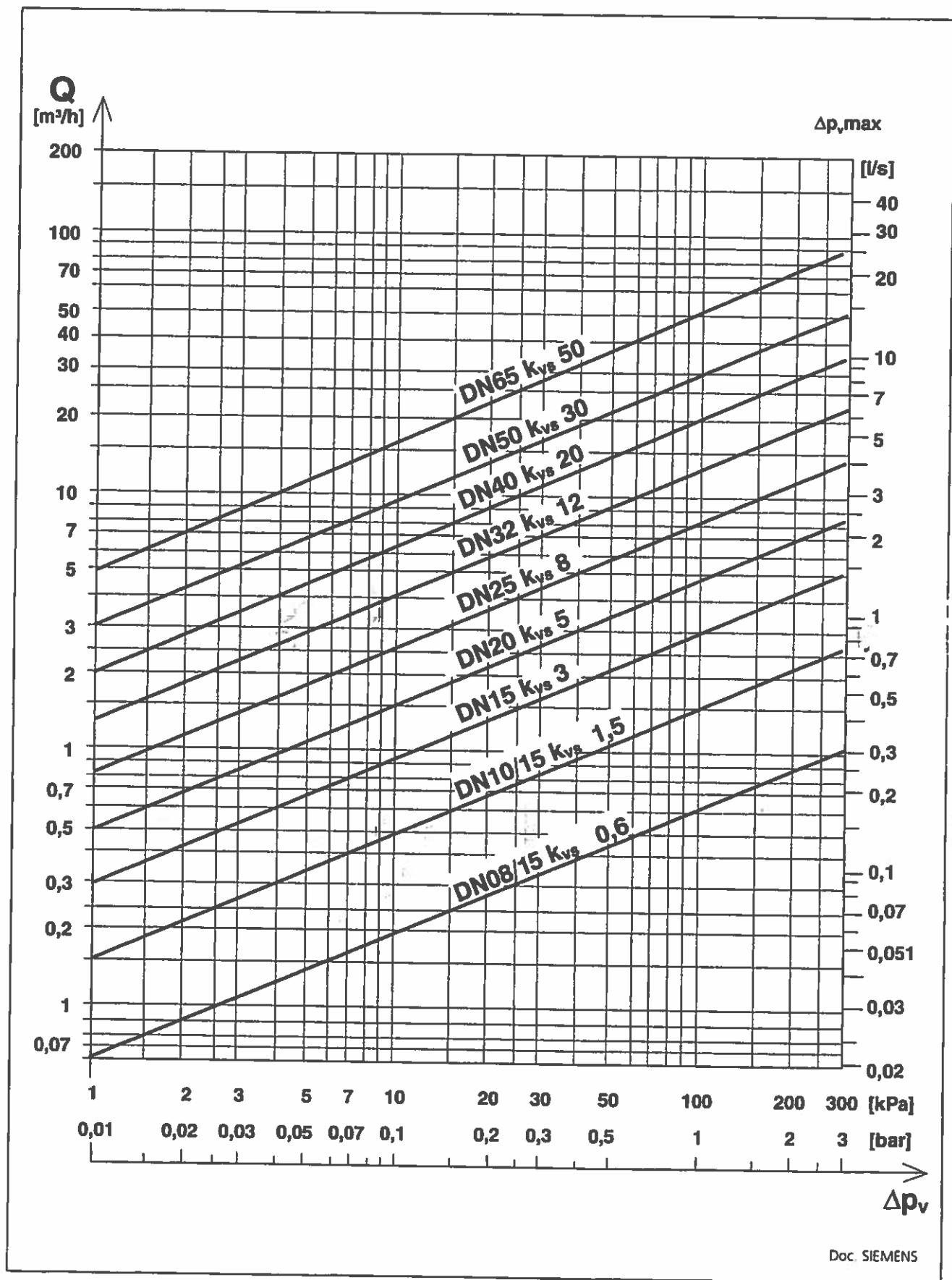


Figure 19.

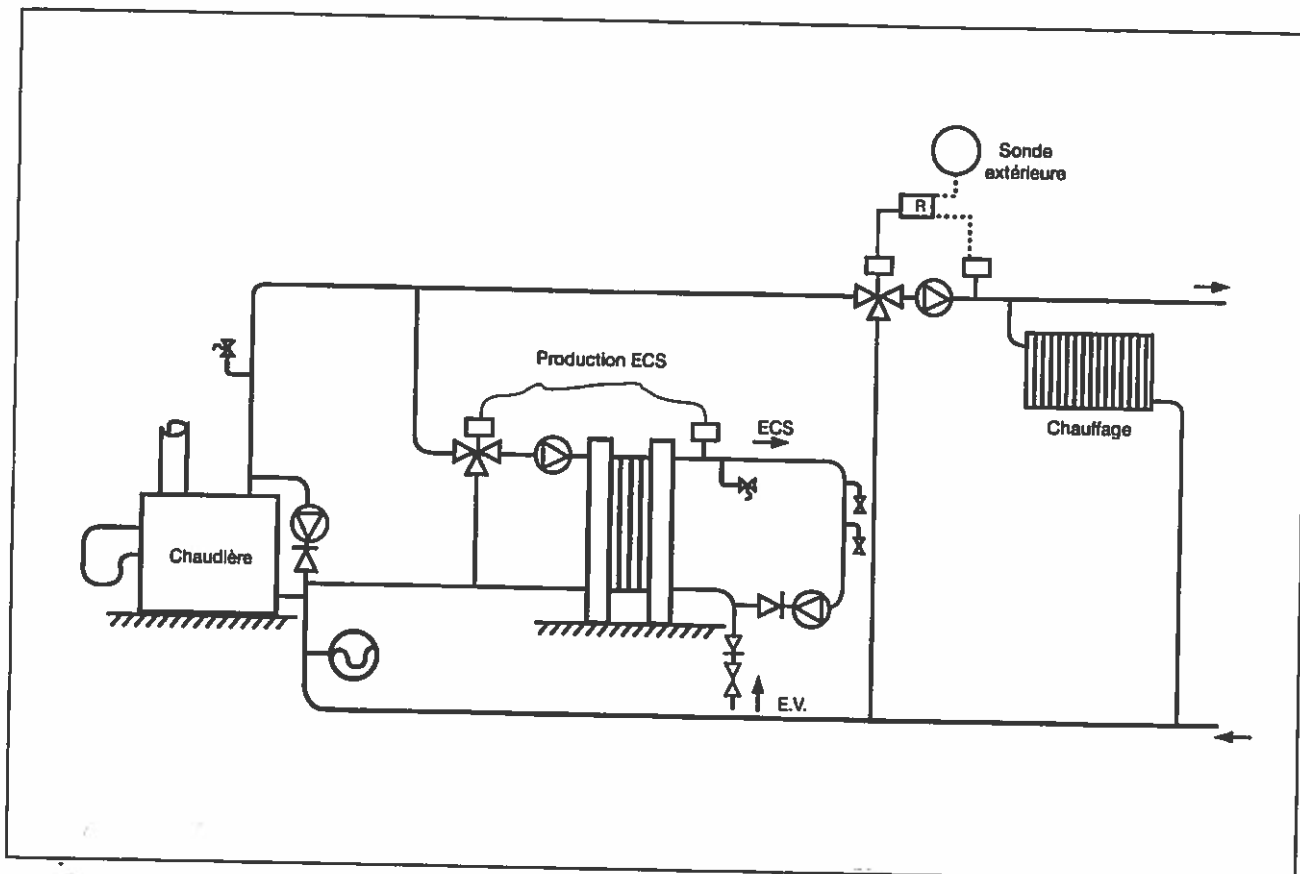


Figure 23.

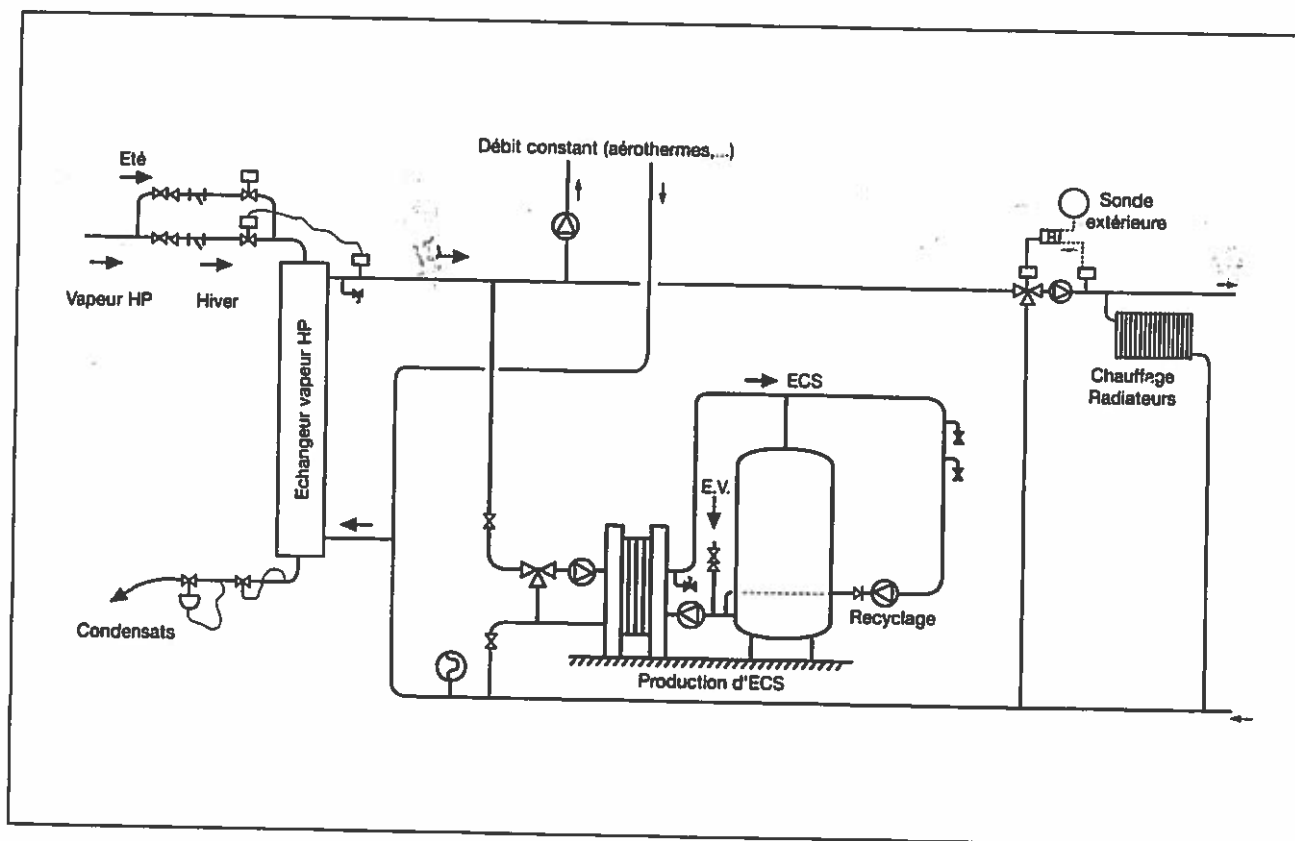


Figure 24.

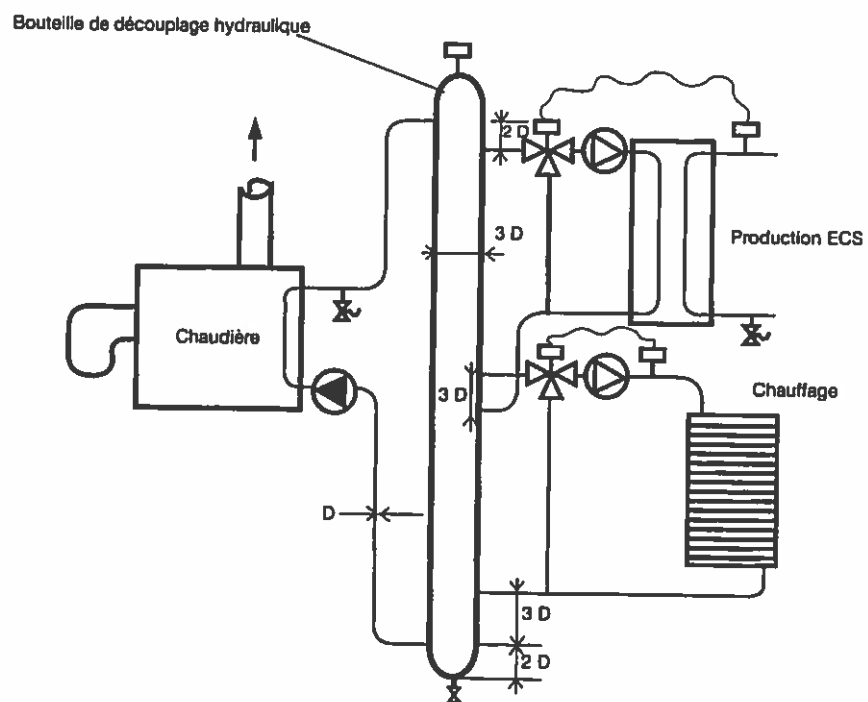


Figure 25.

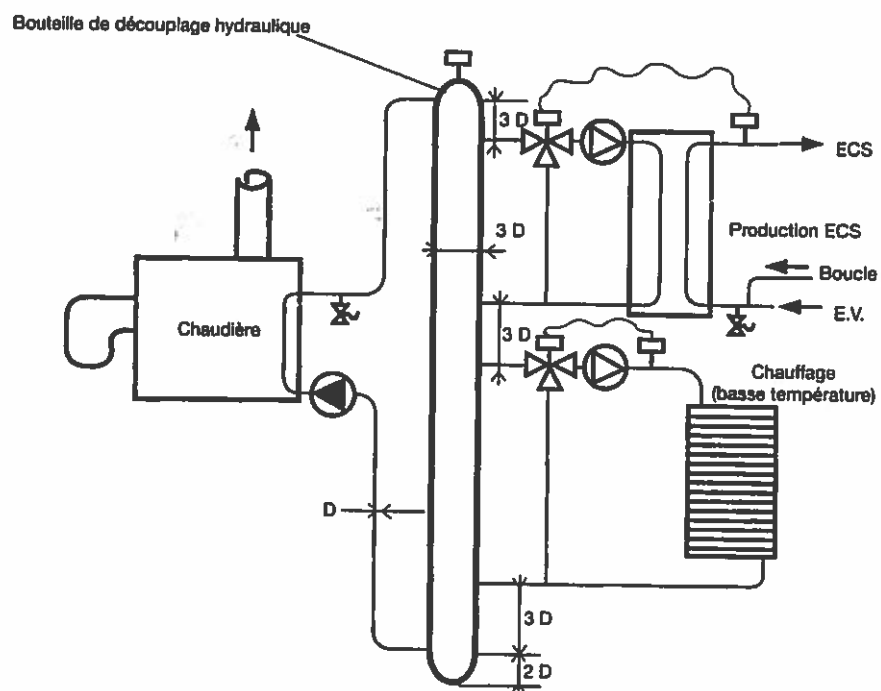


Figure 26.

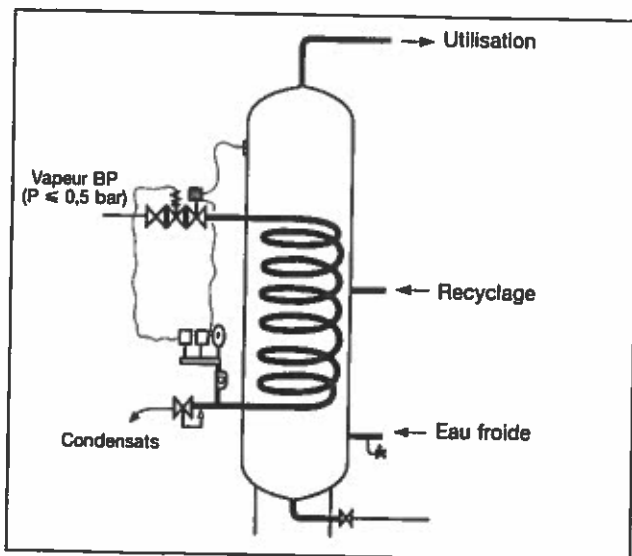


Figure 27.

### 9.2. Chaudière de chauffage avec bouteille de découplage hydraulique et priorité ECS Chauffage "haute température"

Voir figure 25.

La bouteille de découplage hydraulique est un moyen simple et efficace qui permet de réduire ou d'éliminer les interférences hydrauliques. Elle consiste en un tube de gros diamètre, vertical, placé entre les unités de chauffage (chaudières, échangeurs) et les circuits de chauffage. La bouteille est un simple tuyau. Sa perte de charge est négligeable et les effets d'interférences sont éliminés. La production d'ECS, prioritaire, puise son primaire au point haut de la bouteille.

Le chauffage prend l'eau chaude restante ou de l'eau chaude mélangée au retour primaire tiède du préparateur d'ECS.

### 9.3. Chaudière de chauffage avec bouteille de découplage hydraulique et priorité ECS Chauffage "basse température"

Voir figure 26.

La bouteille de découplage hydraulique a les mêmes fonctions que celles décrites § 9.2.

Si la température du circuit primaire chauffage basse température est toujours inférieure ou égale à la température de retour du primaire préparateur ECS, la prise d'eau chaude pour le chauffage peut être raccordée en dessous du retour primaire du préparateur d'ECS.

### 9.4. Préparateur d'ECS avec primaire "vapeur BP", ou réseau de chaleur 110 °C maxi

Voir figure 27.

La surface d'échange en contact avec l'ECS ne doit pas être sensible à l'entartrage.

La surface d'échange peut être un serpentin ou un faisceau tubulaire.

L'emploi d'un échangeur à plaques est déconseillé.

### 9.5. Production d'ECS séparée du chauffage

Préparateur avec primaire "vapeur HP", "Eau surchauffée" ou "fluide thermique" haute température.

La production d'ECS est réalisée grâce à un "double échangeur".

Elle comprend (figure 28) :

- un échangeur primaire "haute température - haute pression",

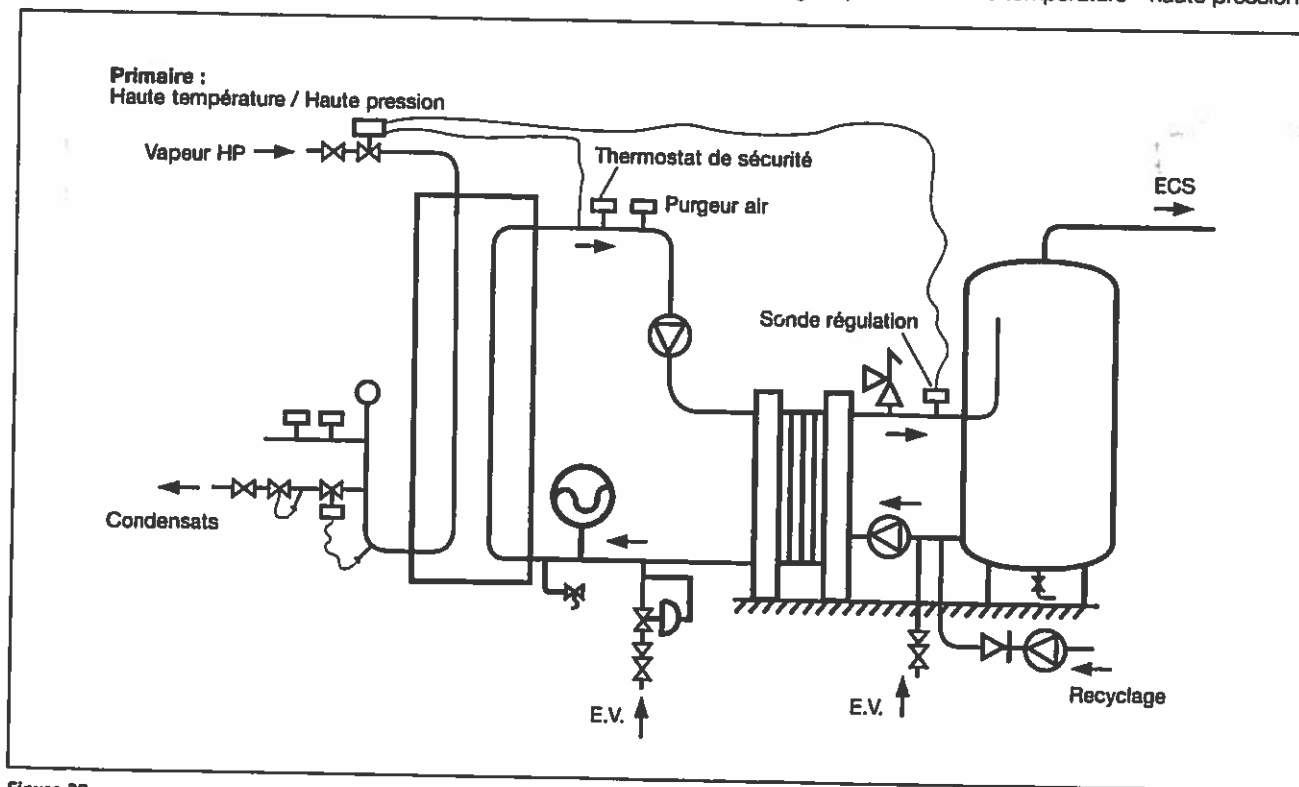


Figure 28.

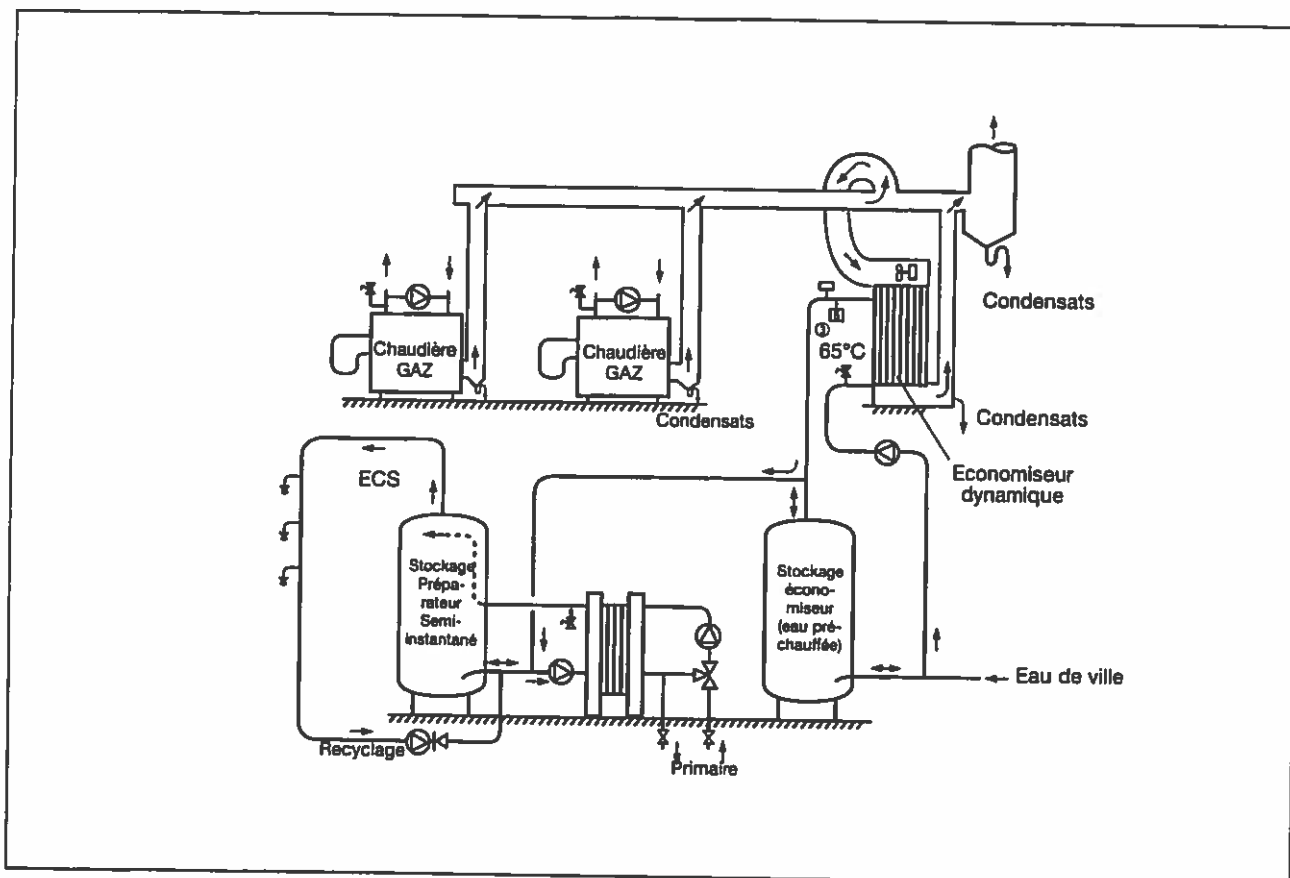


Figure 29.

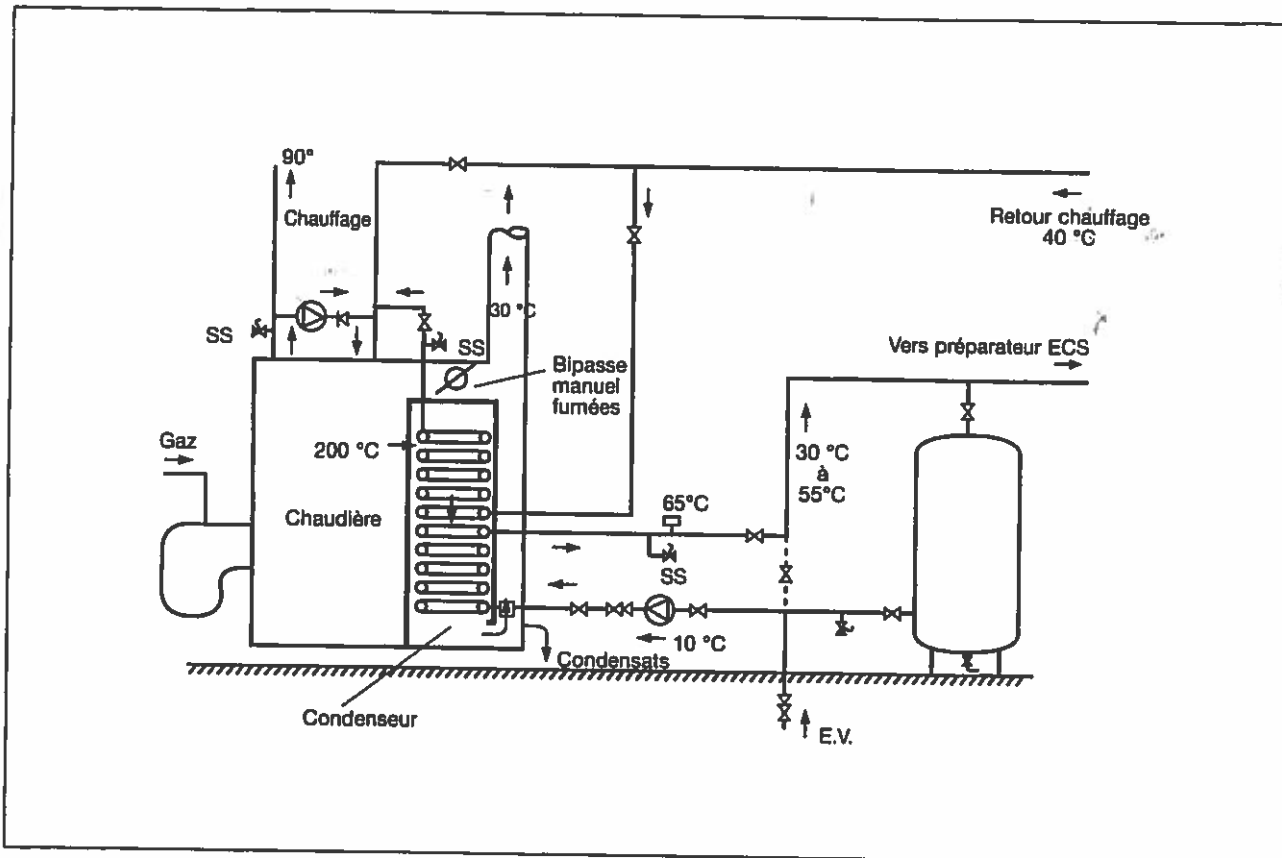


Figure 30.

- la régulation primaire qui contrôle directement la température de l'ECS : sa sonde de commande est placée sur la sortie de l'échangeur secondaire,
- un circuit intermédiaire "basse température - basse pression" avec ses accessoires (soupape de sûreté, thermostat de sécurité, pompe, vase d'expansion, purge d'air, appoint d'eau de ville, thermomètres et manomètres),
- un échangeur secondaire circuit intermédiaire/eau chaude sanitaire.

Ce type de préparateur "double échange" permet :

- d'être conforme à la réglementation française pour les locaux recevant du public : celle-ci interdit une production d'ECS avec un primaire supérieur à 110 °C,
- d'avoir un primaire à 75°C maxi dans l'échangeur du producteur d'ECS. Cette température limitée permet d'éviter les "chocs thermiques" au niveau de l'échangeur et ainsi de réduire considérablement le risque d'entartrage.

## 10. ECS "gratuite" : les économiseurs

### 10.1. Récupération sur les fumées de chaudières gaz : condenseur dynamique

Le condenseur doit être impérativement monté en dérivation. Il est équipé d'un ventilateur de charge, en acier inoxydable. Le corps de l'échangeur doit être entièrement en acier inox, type 316 ou similaire (figure 29).

Le ventilateur de l'économiseur est asservi à la marche d'un ou des brûleurs gaz. Il est stoppé automatiquement si la pompe de charge ECS ② n'est pas en service ou si la température de l'ECS produite (thermostat de sécurité ③) dépasse 65°C. Une telle récupération, sur une puissance cumulée des brûleurs dépassant 500 kW, est normalement amortie en moins de 3 ans.

### 10.2. Récupération sur les fumées d'une chaudière gaz : condenseur statique, à 1 ou 2 étages (Récupération pour le chauffage du bâtiment et le préchauffage de l'ECS)

Le schéma de principe est donné figure 30.

Les fumées sont refroidies, en série, par :

- les retours du circuit de chauffage : ces retours doivent être le plus froid possible,
- un échangeur de préchauffage de l'ECS.

Les échangeurs et le caisson des échangeurs doivent être en acier inox. Ils peuvent être en acier ou en cuivre à condition que tout le métal soit parfaitement protégé contre les corrosions acides des condensats.

Un bypass manuel doit permettre l'évacuation des fumées en cas de panne d'un échangeur (fuite d'eau ou absence de circulation d'eau dans l'un des circuits du récupérateur).

**Avantages :**

- le récupérateur peut être incorporé à la chaudière,
- ensemble simple, sans ventilateur, économique pour une chaudière de faible puissance.

**Inconvénients :**

- la faible perte de charge possible sur le circuit fumées limite les performances des échangeurs de récupération,

- lorsque le bypass est ouvert, la variation de la perte de charge totale sur le circuit de fumées de la chaudière fait varier l'excès d'air et le rendement du brûleur,
- en cas de surchauffe d'un des circuits de récupération, il faut arrêter le brûleur,
- il est impossible de mettre un seul récupérateur statique sur 2 chaudières.

### 10.3. Récupération sur les condensats d'installation vapeur HP

Schéma de principe figure 31.

Récupération avec :

- réchauffeur de boucle ;
- récupération sur les purges HP ;
- réchauffeur de charge (préchauffage de l'ECS).

**Nota :** Un économiseur avec récupération sur la boucle et sur les purges HP permet une économie d'énergie avec un "retour sur investissement" de 1 à 3 ans.

Un économiseur de charge (préchauffage de l'ECS avec l'ensemble des condensats de l'installation) est amorti en 2 ans environ.

L'évacuation des purges HP provenant de la bouteille d'arrivée de vapeur HP, doit être impérativement raccordée **en aval du compteur CPCU**.

## 11. L'eau chaude sanitaire solaire

L'énergie solaire est inépuisable et "gratuite"...

Toute surface exposée aux rayons du soleil va être plus chaude que la température ambiante. Un capteur solaire est construit de manière à capter au maximum l'énergie solaire qu'il reçoit et à extraire avec le plus d'efficacité possible la chaleur qu'il a piégée : il est généralement du type vitré pour utiliser au maximum l'effet de serre et, grâce à un revêtement spécial dit "sélectif" de l'absorbeur (corps noir), il transforme le rayonnement solaire en chaleur directement exploitable.

Les capteurs, du type "thermique", sont placés exposition SUD, perpendiculairement aux rayons moyens annuels du soleil, soit d'environ 45°. Ils seront sur une toiture, sur un châssis ou sur une terrasse (figure 32). L'eau chaude fournie peut être portée à 50-55°C.

Leur rendement est supérieur à 50 %. L'énergie solaire arrivant au niveau du sol peut atteindre 800 W/m².h : le capteur récupérera environ 360 W/m².h, en moyenne, sur 10 heures d'ensoleillement par jour, ECS à 55°C. **Il est indispensable de faire préciser les performances du capteur par le fabricant.**

Les figures 33 et 34 donnent respectivement les taux d'ensoleillement reçus en France, et la couverture en pourcentage des besoins d'ECS.

En hiver ou pendant les journées peu ensoleillées, la production solaire du jour est complétée par une énergie d'appoint de puissance réduite, intégrée ou externe au ballon (électricité, fuel, gaz,...).

Une installation "ECS solaire" sera amortie sur une période très variable, fonction de l'investissement, de la qualité de l'installation, de l'ensoleillement... et des subventions reçues !



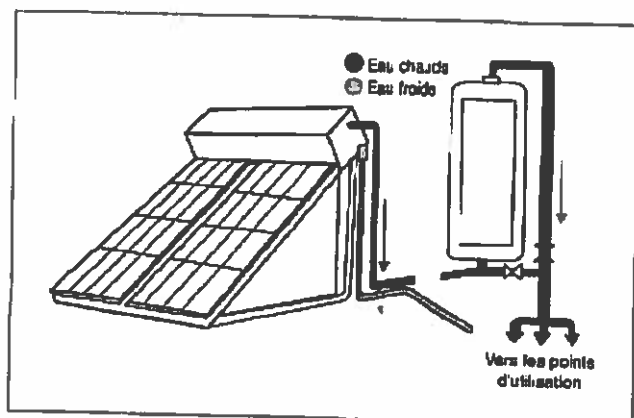


Figure 32.

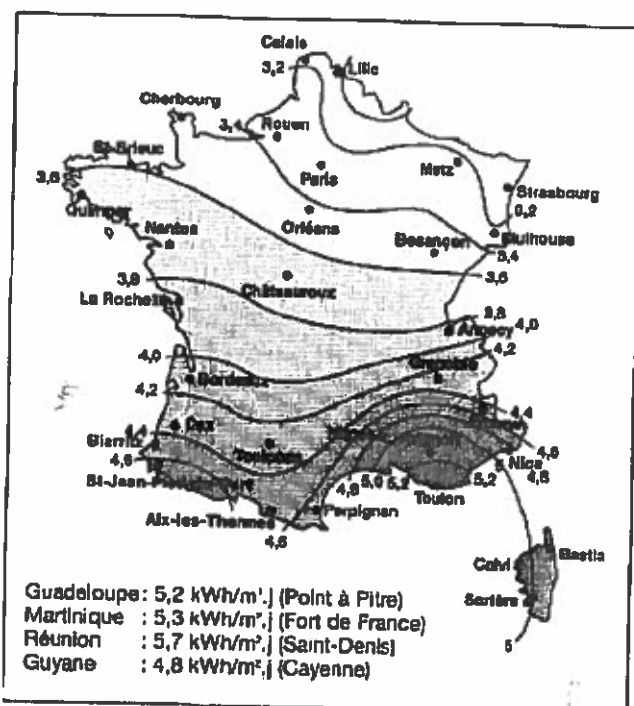


Figure 33. Isolation moyenne annuelle en kWh/m² sur un plan orienté au sud et incliné à 45°.

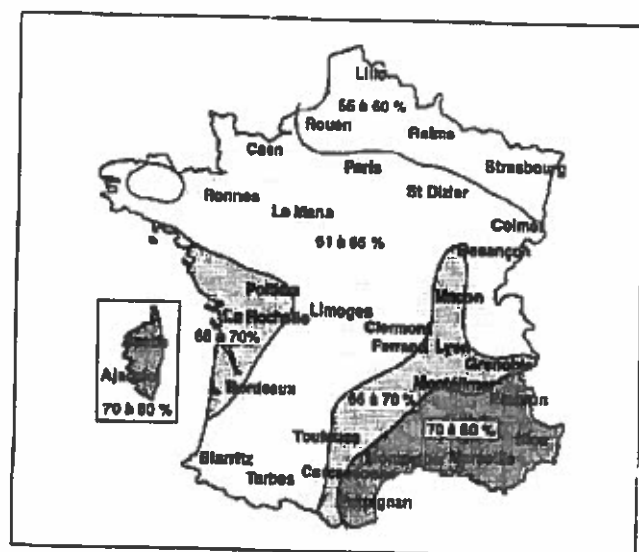


Figure 34. Couverture en % des besoins d'ECS.

Nombre de personnes	Surface de capteurs	Capacité ballon solaire
1 à 2	2 à 3 m²	100 à 150 l
3 à 4	3 à 4 m²	150 à 200 l
5 à 6	4 à 5 m²	200 à 300 l
7 à 10	6 à 8 m²	250 à 550 l

Tableau 6.

Les techniques et matériels sont désormais au point et les installations performantes si elles sont réalisées par des professionnels compétents qui doivent associer leur prestation avec un contrat de maintenance.

Certains pays méditerranéens utilisent avec succès des chauffe-eau solaires depuis très longtemps.

### 11.1. Dimensionnement

• Dans les maisons individuelles, certains fabricants de capteurs donnent une surface de capteurs en fonction du nombre d'occupants et de la région, d'autres en fonction de la taille de la maison. Mais que se passera-t-il lorsque la maison ou le logement sera occupé par une famille nombreuse alors que l'installation aura été conçue pour un couple sans enfant ?

Il serait prudent d'effectuer le dimensionnement en fonction du nombre maximal de personnes susceptibles d'utiliser l'installation de production d'ECS (tableau 6).

• Dans les immeubles collectifs, l'installation "ECS Solaire" sera dimensionnée afin de couvrir au moins 50 % des besoins énergétiques annuels pour l'ECS.

Par "Équivalence F4" (voir page 22), sur 365 jours/an, la consommation moyenne d'ECS est estimée égale à 99 l/jour/Équivalent F4 (voir page 52).

La surface préconisée de panneaux solaires est de 1 m² pour 50 l/jour de consommation moyenne.

La capacité tampon préconisée sera d'environ 50 l/m² de panneaux solaires installés.

Exemple :

Immeuble de 80 logements "Équivalent F4".

Consommation moyenne d'ECS :  $99 \times 80 = 7\,920$  l/jour, sur 365 jours/an.

Surface de panneaux solaires préconisée :  $7\,920/50 = 158$  m².

Volume tampon préconisé :  $158 \times 50 = 7\,920$  litres, soit 8 000 l.

### 11.2. Les techniques

• **Thermosiphon** : l'énergie solaire est transférée naturellement, sans pompe, dans le ballon d'ECS. Un fluide caloporteur antigel circule entre le capteur et l'échangeur du ballon.

• **Circulation forcée** : le circuit est équipé d'un circulateur spécialement conçu pour ce type d'application (protection du corps, aptitude aux nombreux démarrages, température de fonctionnement), circuit caloporteur "auto-vidangeable" ou avec antigel.

• **Préparation d'ECS avec accumulation sur le primaire produit par des panneaux solaires**

Avantages :

- Préparateur à accumulation, sans réservoir tampon d'ECS : ceci élimine le nid de développement de légionelles dans les installations "solaires" avec ECS couramment à 30 - 40 °C, températures très favorables à la prolifération des bactéries.

Réservoir tampon 4 bar sur le primaire, en acier noir, sans revê-



tement intérieur, sans nécessité de trou d'homme de visite. À même capacité, le réservoir sur primaire peut accumuler 2 fois plus d'énergie (eau à 105/20 °C au lieu des 60/20 °C sur l'ECS) !

- Stockage jusqu'à 105 °C, utilisable en appoint pour le chauffage de l'immeuble.

- Le stockage à 105 °C prolonge la récupération solaire sans nécessité de vidange "anti-vaporisation" des panneaux.

**Réalisation :** un échangeur à plaques type "instantané" alimenté par l'accumulation primaire solaire, préchauffe l'ECS à 55 °C si possible. Cette ECS préchauffée passe ensuite dans le préparateur ECS standard existant.

#### Nota :

Pour améliorer la fiabilité, la plupart des installations "ECS solaire" sont actuellement équipées de panneaux irrigués avec un fluide caloporteur anti-corrosion/anti-gel et d'un échangeur intermédiaire "fluide primaire/ECS". Cet échangeur peut être immergé dans le réservoir (serpentin), ou être du type "échangeur à plaques" pour les grandes puissances.

### 11.3. Exemple de détermination d'une installation solaire pour un camping

Camping 4 étoiles, 60 emplacements.

Équipement : 4 douches, 8 lavabos, 2 bacs éviers soit 4 robinets pour la vaisselle.

Eau de ville à 15 °C. ECS utilisée à 55 °C. Tous les équipements peuvent être utilisés simultanément pendant toute la pointe du soir.

#### 11.3.1. Taux d'occupation et consommation annuelle

Voir **tableau 7**.

La consommation journalière d'ECS (QJ) sera de 65 litres par emplacement (chapitre 2, tableau 2).

Soit, pour les 60 emplacements :

$$65 \times 60 = 3900 \text{ litres/jour.}$$

55 % de ces 3900 litres sont consommés pendant la pointe du soir.

#### 11.3.2. Répartition de la consommation journalière (40 % le matin, 5 % le midi, 55 % le soir) :

La pointe maxi journalière se situe entre 17 et 19 heures 30. Pendant cette pointe de 2,5 heures sont consommés 2145 litres d'ECS à 55 °C.

La période sans puisage qui précède cette pointe est de 2 heures (**tableau 8**).

#### 11.3.3. Surface de capteurs à prévoir :

L'ensoleillement se situe entre 9 et 17 heures. Il faut accumuler la pointe du soir (55 % de QJ) et la moitié de la pointe du

matin (20 % de QJ), soit 75 % de QJ :

$$3900 \times 0,75 = 2925 \text{ litres maxi.}$$

Est préconisé : un réservoir tampon de 2500 litres minimum à 3000 litres maximum. Les panneaux solaires doivent produire les 3900 litres par jour, soit une puissance nécessaire de :

$$\frac{3900 \times (55 - 15)}{860} = 181,4 \text{ kW}$$

d'où une surface de panneaux retenue de :

$$\frac{181,4}{0,36 \times 10} = 50 \text{ m}^2$$

(0,36 kW/m<sup>2</sup>.h voir § 11)

#### 11.3.4. Appoint / secours nécessaire :

Le préparateur en débit instantané + sa réserve doivent couvrir la pointe de 2,5 heures le soir. La puissance doit permettre la mise en température de la réserve en un temps inférieur à la période sans puisage.

D'où :

$$\frac{P \text{ (kW)} \times 860 \times T \text{ pointe}}{(55 - 15)} + \text{réserve} = QJ \times 0,55$$

QJ x 0,55 = consommation pendant la pointe

Avec une réserve de 750 litres, on a

$$\frac{P \text{ (kW)} \times 860 \times 2,5}{40} + 750 = 3900 \times 0,55,$$

$$P = 25,95 \text{ kW.}$$

$$\text{Temps de remise en température de la réserve : } \frac{750 (55 - 15)}{25,95 \times 860}$$

soit 1,34 heure, temps inférieur aux 2 heures sans puisage, entre 14 et 16 heures l'après-midi.

#### Conclusion :

Appoint par un préparateur "gaz propane" de 750 litres, 26 kW de puissance minimale, préparateur apte à remplacer si nécessaire l'énergie solaire.

#### Nota :

Pendant les 6 mois d'arrêt de l'installation, tous les réservoirs seront vidangés pour éviter l'eau dormante et le développement de bactéries dans les réservoirs et dans les tuyauteries.

#### 11.3.5. Dimensionnement des tuyauteries départ ECS (tubes cuivre)

Débit de pointe :

(voir chapitre 2, tableau 1 : douches (16 l/s), lavabos (0,1 l/s), robinets (0,1 l/s))

d'où

$$Q = (4 \times 0,16) + (8 \times 0,1) + (4 \times 0,1) = 1,84 \text{ l/s}$$

Mois	M	A	M	J	J	A	S	O
Taux d'occupation	0	50 %	80 %	100 %	100 %	100 %	80 %	0
Consommation ECS (l/j)	0	1 950	3 120	3 900	3 900	3 900	3 120	0
Consommation de la pointe du soir (litres)	0	1 072	1 716	2 145	2 145	2 145	1 716	0

Tableau 7.

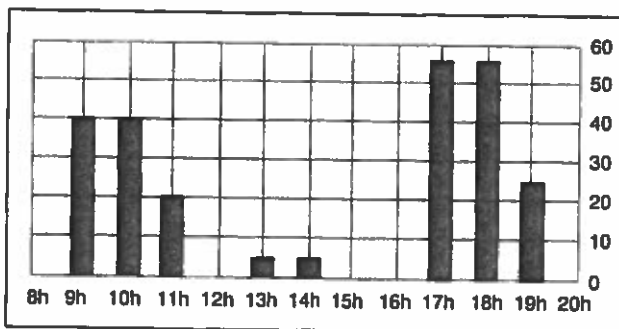


Tableau 8.

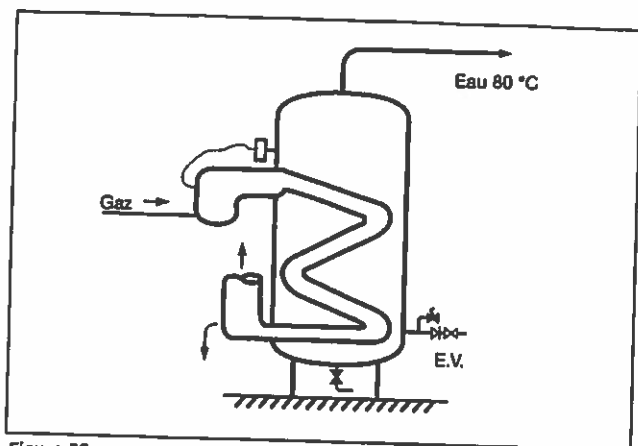


Figure 35.

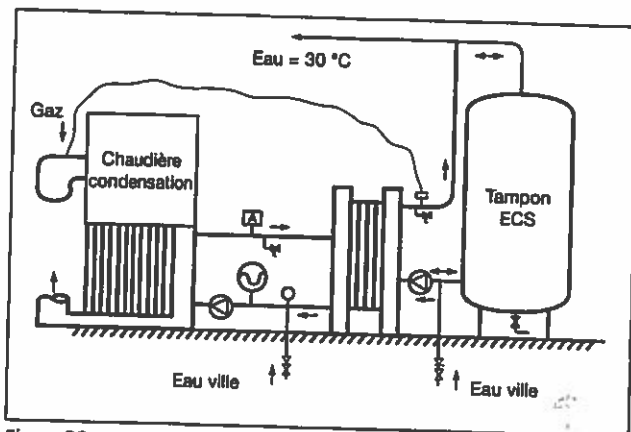


Figure 36.

$$\text{Soit } 1,84 \times 3600 = 6624 \text{ l/h} \\ = 6,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calcul du diamètre avec une vitesse  $V$  maxi de 2m/s :

$$\text{On a } Q = \text{section} \times v \times 3600$$

$$Q = \pi R^2 \times v \times 3600$$

$$\text{d'où } R = \sqrt{\frac{Q}{\pi \times v \times 3600}}$$

$$\varnothing = 2 \sqrt{\frac{Q}{\pi \times v \times 3600}}$$

$$= 2 \sqrt{\frac{6,624}{3,14 \times 2 \times 3600}}$$

$$= 0,034 \text{ m, soit } 34 \text{ mm}$$

## 12. L'ECS industrielle

Certaines industries (agroalimentaires, abattoirs,...) demandent de grandes quantités d'eau chaude sanitaire, parfois à très haute température (80/90 °C) avec des problèmes de débits de pointe élevés, donc risques d'entartrage et de corrosion.

Les systèmes les mieux adaptés sont :

- les systèmes à semi-accumulation : un volume tampon important assure les débits de pointe à des températures élevées.

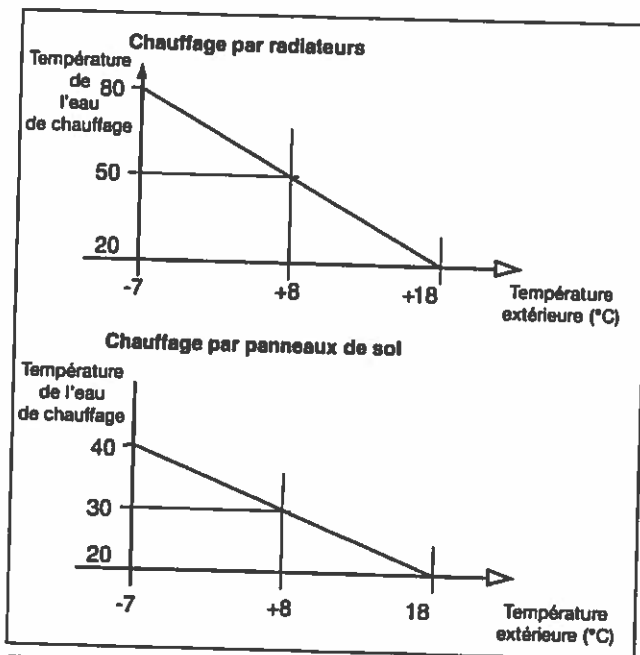


Figure 37.

- les échangeurs peu sensibles à l'entartrage aux corrosions et aux chocs thermiques brutaux et fréquents tels que les échangeurs tubulaires (serpentins principalement ou faisceaux à grand écartement).

L'énergie primaire peut être le fuel avec un circuit intermédiaire 90 à 105 °C/70 °C, ou du gaz avec un brûleur en chauffe directe en bout d'un serpentín immergé (figure 35).

Si les besoins sont de grandes quantités d'eau à basse température, un système à condensation, très rentable, est conseillé (figure 36).

## 13. Préconisations concernant l'E.C.S. dans une maison individuelle

### 13.1. Remarques sur les solutions "classiques"

Les constructeurs de chaudières de chauffage central gaz ou fuel, du type "murales" ou "au sol", proposent des modèles "chauffage + production d'ECS incorporée".

**Dans ce cas, la chaudière doit assurer :**

- a) **Le chauffage**, par l'intermédiaire de radiateurs ou de panneaux de sol.

La température moyenne de l'eau de chauffage pour toute la saison de chauffe doit être de :

▷ 50 °C s'il s'agit de radiateurs

▷ 30 °C s'il s'agit de panneaux de sol

(voir figure 37, température extérieure = + 8 °C).

La puissance nécessaire est de 10 à 15 kW pour une villa moderne.

- b) **La production d'ECS**, par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur.

Pour obtenir de l'eau à 55 °C lors des puisages de pointe, le circuit d'eau primaire doit nécessairement être au moins maintenu à 70 °C.

La puissance minimale nécessaire en production "instantanée" doit être de :

$P \text{ (kW)} = 0,113 \times 180 \times 1,2 = 24,4 \text{ kW}$ ,  
(1,2 coefficient K3, "standing élevé" pour une maison individuelle).

Mais dans ce cas le remplissage d'une grande baignoire à partir de 120 litres d'eau à 55 °C, ne pourra se faire qu'en **15,4 minutes seulement**.

Pour obtenir un confort suffisant, les usagers demandent qu'une baignoire de 120 litres puisse être remplie entre 5 et 8 minutes. Ceci nécessite une puissance instantanée de **47 kW** pendant 8 minutes !

En conséquence, les constructeurs proposent de plus en plus des chaudières avec des réservoirs tampons d'ECS.

Pour chauffer 120 litres d'une baignoire de 10 à 55 °C en 6 min avec un réservoir tampon de 80 litres, la puissance restant à fournir pendant ces 6 minutes doit être de :

$(120 - 80) \times 45 \times 60/6 \times 860 = 21 \text{ kW}$ .  
(860 : conversion des kcal en kW)

Avec un réservoir tampon de 120 litres, pour pouvoir alimenter un lavabo après un remplissage de baignoire, la puissance de la chaudière doit être de :

$0,10 \times 3600 \times 45 / 860 = 18,8 \text{ kW}$ .  
(0,10 : débit en l/s pour un lavabo. Voir chapitre 2, tableau 1).

#### Remarques :

Pour assurer une production d'ECS confortable, l'eau de la chaudière doit être nécessairement amenée à 70 °C minimum.

Une régulation automatique performante et rapide doit réaliser une "priorité ECS" à une température stable. Après chaque puisage d'ECS, la régulation doit rétablir une eau de chauffage à une température souvent bien inférieure à 70 °C.

L'installation "chauffage + ECS" entraîne plusieurs surcoûts :

- à l'entretien (usure et encrassement liés au fonctionnement permanent)
- à l'exploitation : le rendement moyen global annuel de la chaudière reste faible et la température élevée de l'eau de chauffage ne permet pas de bénéficier de la technique "chaudière à condensation". La condensation autoriserait l'abaissement de la température des fumées en-dessous du "point de rosée" d'où un gain de rendement de 15 % environ grâce au sous-refroidissement des fumées avec la récupération de chaleur sensible et de chaleur latente.

### 13.2. L'évolution des installations

Le chauffage central des maisons individuelles est de plus en plus souvent réalisé avec :

**a) des planchers chauffants** dont les caractéristiques sont :

- un plus grand confort : température homogène de l'air ambiant et température "résultante" favorable au confort (moyenne entre la température des parois et la température de l'air ambiant).
- un gain de place et d'esthétique par l'absence de radiateurs,
- la possibilité de réaliser avec le même réseau un "rafraîchissement" par le sol, l'été (eau à 18°C minimum),
- des économies d'énergie : la basse température permet

d'envisager soit la mise en place d'une **chaudière à condensation** dont le rendement peut atteindre 108 % PCI au lieu de 90 à 94 % maxi pour une chaudière standard, soit une **pompe à chaleur réversible** (1 kW électrique consommé fournit environ 3 kW de chaleur).

**b) Des radiateurs "basse température" dont les caractéristiques sont :**

- possibilité de réaliser une température indépendante, pièce par pièce, grâce à des robinets thermostatiques,
- possibilité d'économie d'énergie en abaissant la température chaque nuit et lors de l'occupation des locaux le jour,
- possibilité de remise en température rapide des locaux, en quelques heures maximum.

Avec ces techniques de chauffage et l'amélioration des techniques de construction, la puissance nécessaire pour le seul chauffage est de plus en plus faible : 8 à 15 kW généralement. A l'inverse, pour améliorer le confort d'utilisation, la puissance nécessaire pour la production d'ECS est de plus en plus élevée. Rappelons également que la température de l'eau doit être stable et constante pendant toute la durée du puisage.

### 13.3. Type d'installation préconisée pour une maison individuelle

Une installation moderne doit nécessairement :

- assurer le meilleur confort en chauffage comme en production d'ECS,
- optimiser et économiser l'énergie,
- être simple, fiable, facile à régler et n'exiger qu'un entretien réduit.

Pour améliorer le rendement moyen annuel d'une installation, il faut éviter une installation surpuissante où le brûleur aura des cycles de fonctionnement courts : le pré-balayage obligatoire avant l'enclenchement du brûleur affecte le "rendement moyen global annuel"... Par ailleurs, la température d'eau de chauffage doit être la plus basse possible.

En conséquence, la solution préconisée consiste à séparer la fonction "chauffage" de la fonction "préparation d'ECS" (figure 38).

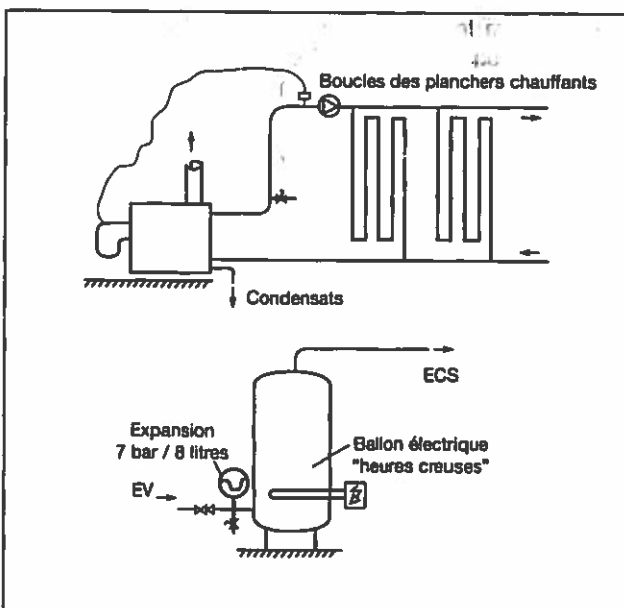


Figure 38. Fonctions séparées : chauffage et ECS.

### 13.3.1. Fonction "chauffage" :

La chaudière doit être du type "très basse température, très haut rendement", puissance 10 à 15 kW maxi.

La régulation agit directement sur le brûleur pour obtenir une température de départ en fonction des températures extérieures et ambiante. Si le réseau de chauffage ne dessert que des panneaux de sol ou des radiateurs, il n'est pas nécessaire d'installer de vanne 3 ou 4 voies sur le départ d'eau de la chaudière. Si le brûleur est alimenté en gaz (naturel, butane ou propane), la mise en place d'une **chaudière à condensation** est recommandée (chaudière avec corps de chauffe en acier inox, solution la plus fiable).

### 13.3.2. Fonction production d'ECS indépendante du chauffage

Une solution très intéressante est l'emploi d'un **ballon électrique à accumulation, chauffé à 60 °C, résistance alimentée en courant "heures creuses"**, avec possibilité de relance de jour si nécessaire.

La capacité minimale doit être de :

$$Ca_{\text{mini}} = QJ \times K3 \times K4$$

QJ : consommation journalière pour un F4

Coefficient K3, standing élevé, pour une maison individuelle

Coefficient K4, eau à 60 °C (voir chapitre 2, § 5).

$$Ca_{\text{mini}} = 180 \times 1,2 \times 0,93 = 200 \text{ litres}$$

Le prix d'achat d'un tel réservoir est faible et son coût d'exploitation est économique.

La puissance minimale d'un ballon de 200 litres, eau chauffée de 10 à 60 °C, doit être de :

$$P \text{ (kW)} = \frac{Ca \times \Delta t}{860 \times hc}$$

Ca : capacité du ballon

$\Delta t$  : différence de température (60 - 10)

hc : temps de réchauffage en heure creuse pour un ballon électrique en maison individuelle (8 heures)

$$P \text{ (kW)} = \frac{200 \times (60 - 10)}{860 \times 8} = 1,45 \text{ kW}$$

En variante (maison avec plusieurs salles de bains ou de nombreux occupants), la production d'ECS peut être assurée par un générateur d'ECS indépendant avec brûleur gaz ou fuel, capacité minimale = 250 litres.

### 13.4. Pour mémoire, exercice de calcul du diamètre de départ ECS (canalisation en cuivre) pour une maison individuelle

$$Q_{\text{inst.}} : 0,36 \times Q_m \times S \times 6 \text{ (chapitre 3 § 1.1)}$$

$$Q_m : 180 \times 1,2 \text{ (chapitre 3 § 13.3.2)}$$

$$S : 1 \text{ (chapitre 2 § 6)}$$

d'où

$$Q_{\text{inst.}} : 0,36 \times 180 \times 1 \times 2 \times 1 \times 6 = 477 \text{ l/h}$$

Soit un diamètre préconisé de 20 mm intérieur et une vitesse d'eau de

$$v = \frac{Q_{\text{inst.}}}{\pi R^2} = \frac{0,447 \text{ (m}^3/\text{s)}}{3600 \times \pi \times (1 \times 10^{-2})^2}$$

$$= \frac{0,447 \times 10^4}{3600 \times 1 \times 3,14} = \frac{4470}{11304}$$

$$= 0,39 \text{ m/s}$$

Contrôle de la vitesse lors du remplissage de la baignoire en 6 minutes :

Avec un débit Q de pointe de :

$$120 \text{ litres} \times \frac{60}{6} = 1200 \text{ l/h}$$

on obtient avec un calcul identique une vitesse  $v = 0,9 \text{ m/s}$ , vitesse acceptable pour des tubes cuivre (chapitre 4, tableau 3). ■

# Chapitre 5

## PRÉVENTION DES RISQUES TECHNIQUES ET SANITAIRES DES INSTALLATIONS D'ECS

### 1. Entartrage et corrosion

Quelle que soit la qualité de l'eau livrée par les distributeurs, celle-ci contient des particules solides en suspension ; des gaz, des sels...

- Les solides en suspension peuvent être des algues, des bactéries, des champignons, des résidus terreux, des minéraux. Ces produits peuvent être partiellement ou totalement éliminés par des appareils de décantation et de filtration. Ces appareils doivent être soigneusement entretenus car ils conditionnent la qualité de l'eau chaude sanitaire distribuée.

Pour une eau trouble, on parle de la "TURBIDITE", l'inverse de la transparence.

- Les gaz dissous. Il s'agit principalement de :

- ▷ l'oxygène. L'oxygène dissous favorise les corrosions éventuelles. Il peut être éliminé partiellement grâce à des dégazages systématiques en sortie de l'échangeur et en tous points hauts du réseau,

- ▷ l'anhydride carbonique (mg/l) :  $\text{CO}_2$ .

- Les sels. La quantité de sels dissous s'exprime par :

- ▷ la dureté de l'eau : le TH (titre hydrotimétrique - Ca et Mg),

- ▷ l'alcalinité : le TA (titre alcalimétrique) ou TAC (titre alcalimétrique total),

- ▷ la salinité (mg/l) : c'est la teneur en chlorure de sodium,

- ▷ la teneur en silice :  $\text{SiO}_2$  ; c'est la teneur en dioxyde de silicium (mg/l).

Tout traitement doit être précédé d'une analyse de l'eau qui permettra de déterminer la solution la mieux adaptée.

Les traitements peuvent être réalisés par :

- ▷ L'adoucissement (élimination des ions calcium).

- ▷ La déminéralisation par résines.

- ▷ La déminéralisation par osmose inverse.

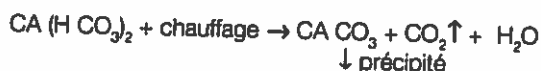
- ▷ etc.

### 1.1. Les phénomènes d'entartrage et de corrosion des installations d'eau chaude sanitaire

L'entartrage et la corrosion sont les deux principaux risques pour les installations de production et de distribution d'ECS.

#### 1.1.1. L'entartrage

Lors du chauffage, les eaux bicarbonatées calciques forment des précipités de carbonate de calcium :



Les dépôts formés sont couramment appelés tartre carbonaté. Ils se forment essentiellement aux points les plus chauds du circuit : dans les appareils de production d'ECS (ballons, échangeurs). Certains échangeurs sont particulièrement sensibles à l'entartrage : c'est le cas par exemple des échangeurs à plaques.

**Pour limiter les risques d'entartrage, il faut :**

- Limiter autant que possible la température de chauffage de l'ECS (55 à 60 °C max).

- Limiter la température du fluide primaire lorsque les échangeurs sont sensibles à l'entartrage (exemple : échangeurs à plaques).

- Eventuellement traiter l'eau (adoucissement - traitement stabilisant par des polyphosphates (5 ppm en  $\text{P}_2\text{O}_5$  maximum : consulter un traiteur d'eau spécialisé).

#### Le cas du biofilm :

Un biofilm est un ensemble de micro-organismes fixés à une surface immergée et formant une matrice d'exopolymères (fibres produites par certaines bactéries). Les micro-organismes du biofilm peuvent être des bactéries, des champignons microscopiques, des levures, des parasites... Pour la plupart de ces germes, l'eau est leur habitat naturel.

Le biofilm constitue un excellent terrain nutritionnel pour les

bactéries et assure leur protection. Elles s'y développent donc très bien.

Le problème principal vient du fait que le biofilm peut être altéré ou arraché à la paroi par divers phénomènes (nettoyage, coup de bôler, choc d'une clé à molette sur une conduite, etc.) entraînant ainsi les bactéries avec l'eau véhiculée vers les points de puisage.

### 1.1.2. La corrosion

Les corrosions des installations de production et de distribution d'ECS peuvent avoir pour origine :

- les gaz dissous (oxygène et gaz carbonique). En chauffant l'eau, la solubilité des gaz dans l'eau décroît, ce qui accélère la corrosion.
- l'emploi de métaux ayant un potentiel différent (ex. : cuivre et acier galvanisé).
- une vitesse d'écoulement de l'eau trop faible ce qui favorise la formation de dépôts sous lesquels se développent des corrosions par aération différentielle.
- une vitesse d'écoulement de l'eau trop élevée ce qui entraîne des phénomènes de cavitation.

**Pour limiter les corrosions des installations il faut donc :**

- Limiter autant que possible la température de l'ECS tout en respectant la réglementation en vigueur applicable à l'installation concernée et les contraintes d'exploitation.
- Mettre en place des dégazages efficaces, et des purges de boues à tous les points bas.
- Vérifier que la circulation est suffisante au niveau de la boucle ( $v = 0,2 \text{ m/s}$ ). Respecter les vitesses d'eau maxi et mini préconisées, dans toutes les canalisation.
- Traiter l'eau, par exemple, avec des silicates, des silico - polyphosphates, des phosphates - zinc, des polyphosphates - zinc, etc.

#### • Remarques :

On rappelle que toutes les pièces en acier galvanisé sont interdites en aval de pièces en cuivre. Il faut éviter les traitements d'eau qui consistent en l'injection d'ions cuivre dans un réseau en acier galvanisé.

Les procédés de protection des circuits par anodes solubles (magnésium, aluminium) sont autorisés et réglementés.

Les anodes en magnésium ne nécessitent pas d'apport extérieur de courant électrique. Elles sont couramment utilisées pour la protection interne des chauffe-eau et des ballons de stockage.

Les anodes en aluminium nécessitent l'apport extérieur de courant électrique. Elles sont incompatibles avec l'emploi des polyphosphates et des silicates. De plus, rappelons que la concentration en aluminium dans un réseau d'eau destinée à la consommation humaine doit être inférieure à  $0,2 \text{ mg/litre}$  d'eau. Des exemples de protections contre les corrosions sont donnés figures 1, 2 et 3.

#### Nota :

La neutralisation des eaux agressives, la re-minéralisation et l'injection de  $\text{CO}_2$ , ne sont pas autorisées pour les réseaux particuliers desservant des immeubles et maisons d'habitation raccordés à un réseau public de distribution.

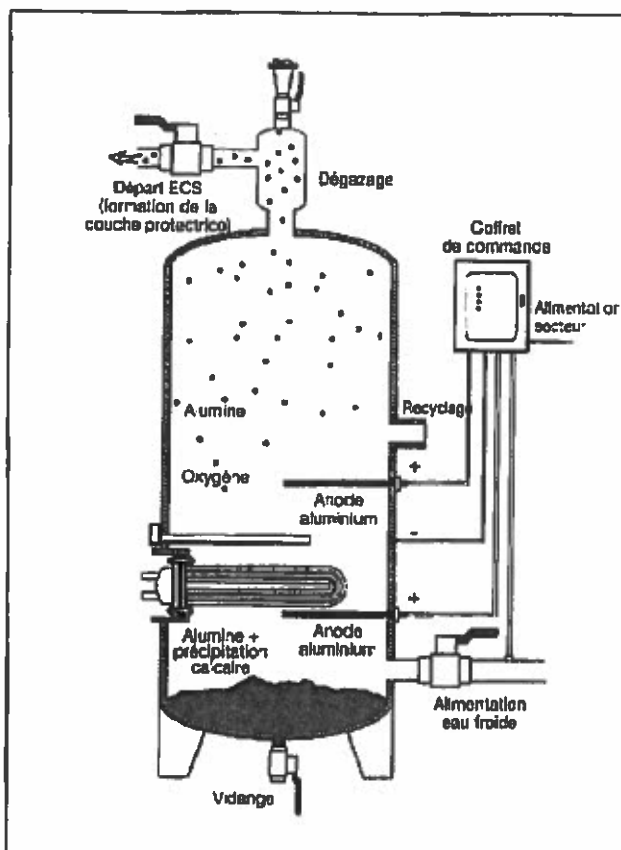


Figure 1 - Protection par électrode aluminium.

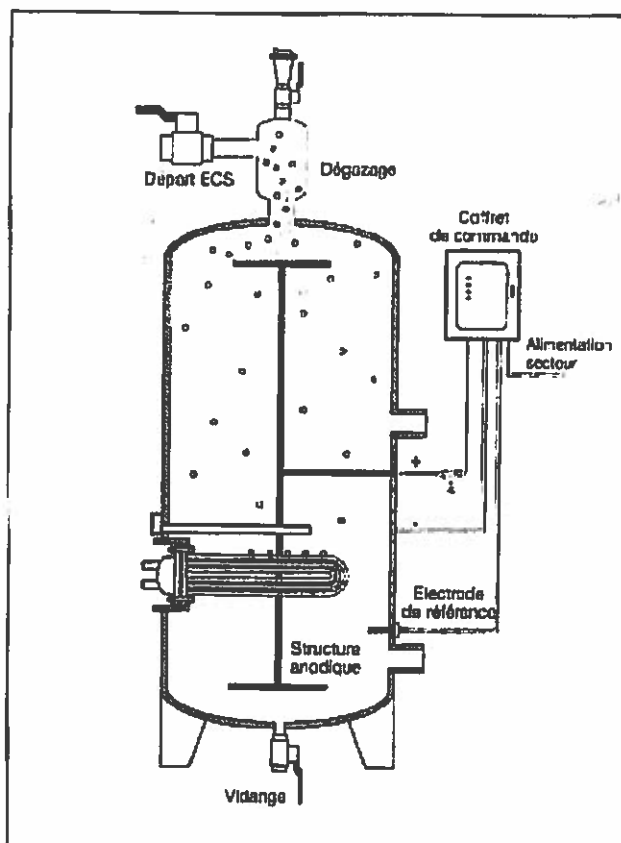
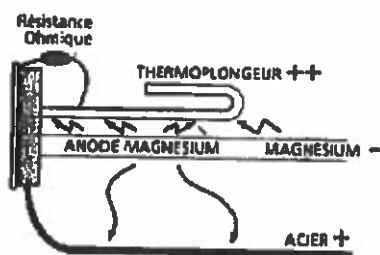
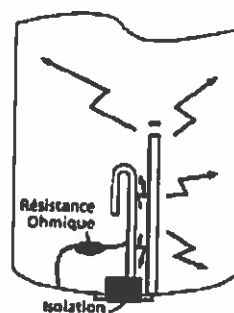


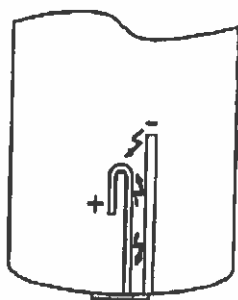
Figure 2 - Protection cathodique.



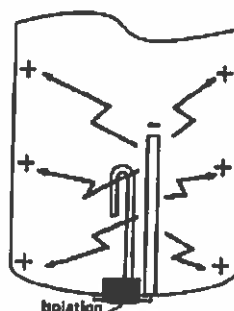
La résistance ohmique équilibre la protection contre la corrosion de la cuve et du thermoplongeur.



Thermoplongeur isolé avec résistance ohmique : protection de l'ensemble, thermoplongeur + cuve.



Thermoplongeur non-isolé : protection exclusive du thermoplongeur contre la corrosion au détriment de la cuve.



Thermoplongeur isolé : protection exclusive de la cuve contre la corrosion, risque pour le thermoplongeur.

### Résistance blindée protégée.

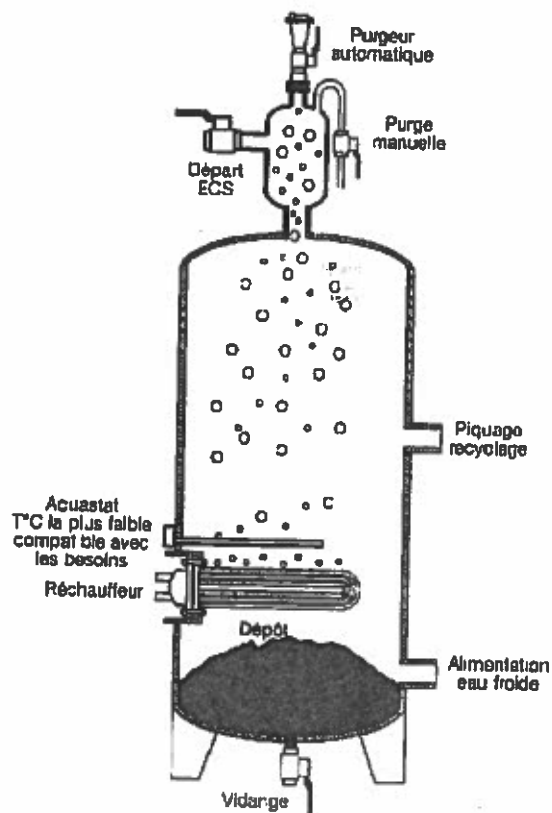
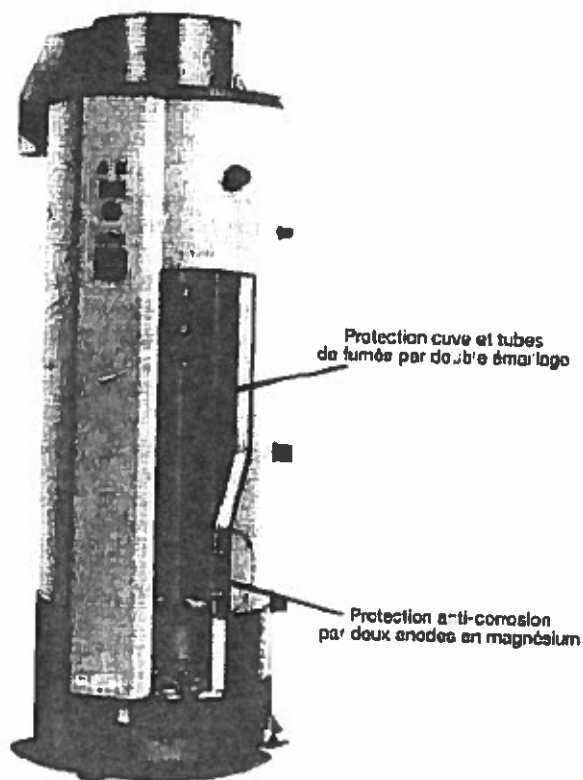


Figure 3.

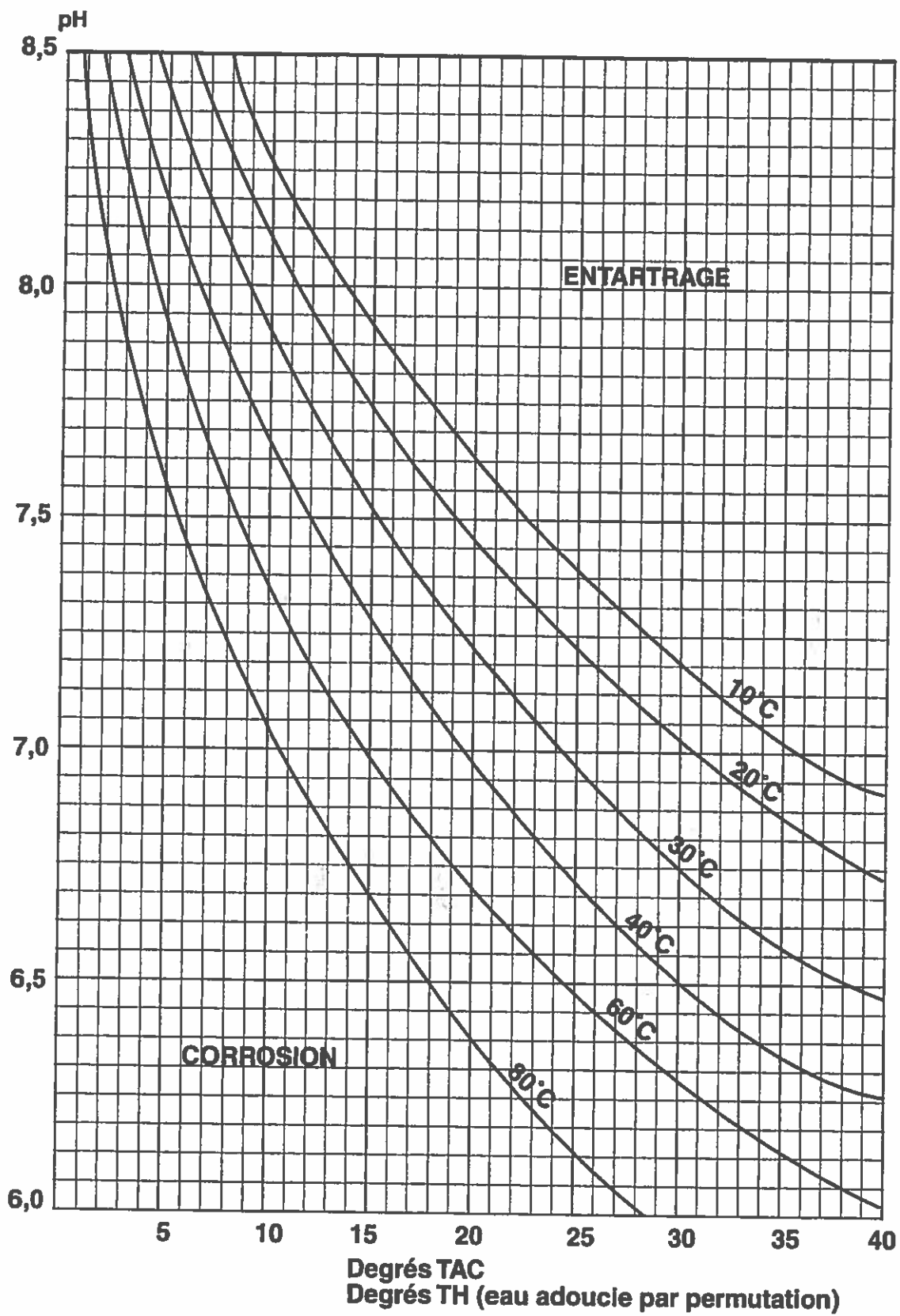


Figure 4. Courbes de pH d'équilibre d'après TILLMANS.



La législation autorise actuellement l'emploi d'inhibiteurs d'entartrage et de corrosion (annexe III de la circulaire du 7.05.90). Il existe 3 familles de produits :

- des silicates alcalins
- des polyphosphates alcalins
- des orthophosphates et sels de zinc

La teneur en zinc doit être  $< 5 \text{ mg/l}$ . La teneur en sodium doit être  $< 150 \text{ mg/l}$ .

Les inhibiteurs doivent répondre à certaines exigences de pureté fixées par l'annexe II de la circulaire du 7.05.98 (Arsenic, plomb, mercure, etc.).

### 1.1.3. Courbes de pH d'équilibre d'après Tillmans

Voir abaque de la figure 4.

## 2. Conception d'un réseau peu sensible au développement des légionelles

### 2.1. Généralités

L'analyse des cas d'épidémies de légionellose recensés dans le monde montre que les sources de contamination peuvent être aussi bien les systèmes de climatisation et les tours de refroidissement mal entretenus, les jacuzzis, les fontaines décoratives, les saunas, les piscines thermales, les réseaux d'eau de ville, mais aussi les installations de production et de distribution d'eau chaude sanitaire.

La moitié des cas de légionellose est causée par des réseaux d'ECS.

La transmission de la maladie à l'homme se fait par inhalation de "nuages" de particules en suspension, ou "aérosols". Les personnes les plus sensibles étant les immuno-déficients, les personnes âgées, les nouveaux nés, etc.

Les réseaux d'ECS sains (absence de bactéries "Légionelles"), où aucune désinfection chimique n'a par ailleurs été réalisée, sont en général :

- ▷ des installations récentes, utilisées en continu,
- ▷ des circuits courts, peu complexes, sans bras morts,
- ▷ des circuits où l'eau est maintenue au-dessus de  $55^\circ\text{C}$ , sans mitigeur en sortie du préparateur,
- ▷ des installations avec ou sans ballon de stockage.

Les réseaux dans lesquels se développent les légionelles sont :

- ▷ indifféremment équipés de préparateurs "instantanés", "semi-instantanés" ou "à accumulation", avec ou sans ballons tampons, avec ou sans pompe de recyclage ;

- ▷ avec des bras morts et avec des secteurs restés inutilisés pendant plusieurs jours ou plusieurs semaines et, principalement, avec des mitigeurs montés immédiatement en aval du préparateur ;

- ▷ avec des terminaux équipés de "brise-jet", des douchettes ou des pommeaux de douches entartrés et non désinfectés même après une longue période d'inutilisation ;

- ▷ constatés souvent dans des hôpitaux, des hôtels ou des douches collectives (entreprises - gymnases, etc.), locaux particulièrement exposés du fait soit de la qualité des occupants (immunodéprimés), soit des conditions d'exploitation (intermittence),... soit les deux.

### 2.2. Conception du réseau

Si l'on doit concevoir un réseau neuf, il est préconisé :

- ▷ l'utilisation de tuyauteries peu sensibles aux corrosions telles que le cuivre, les matériaux de synthèse ou l'inox. L'emploi de tubes cuivre autorise une baisse possible de  $5^\circ\text{C}$  environ de la température de distribution de l'ECS sans augmentation du risque de contamination.

#### Attention :

- En aval de tubes cuivre, aucune installation en acier galvanisé ne doit être installée (risque de corrosion rapide de l'acier galvanisé).
- Un réseau en acier galvanisé ne doit pas être utilisé au-dessus de  $60^\circ\text{C}$ .

- ▷ Le bouclage de tout le réseau d'ECS doit être calculé avec une vitesse d'écoulement suffisante : le débit de la pompe de recyclage doit permettre une vitesse minimale de  $0,2 \text{ m/s}$  en tous points du réseau,

- ▷ bouclage généralisé avec suppression de tous les bras morts,

- ▷ l'emploi de mitigeurs (exemple : à  $45^\circ\text{C}$  pour les hôpitaux) placés **obligatoirement** le plus près possible des points de puisage (il est déconseillé d'installer un mitigeur " $45^\circ\text{C}$ ", juste en aval du préparateur d'ECS).

- ▷ l'emploi de "brise-jet" sur robinets, de flexibles, douchettes et pommeaux de douches facilement démontables et nettoyables. Les matériaux utilisés ne doivent pas être nocifs à la santé. Dans les hôpitaux ou toutes autres installations d'ECS inutilisées pendant plusieurs jours, des désinfections et des nettoyages fréquents seront à prévoir,

- ▷ il est conseillé de faire couler l'eau des installations sanitaires avant usage après une absence prolongée ou, en général, dans tous les cas d'inutilisation fréquente des réseaux.

- ▷ L'arrêt d'une installation d'ECS pendant le week-end est suffisant pour que les bactéries se développent.

### 2.3. Conception du préparateur d'ECS

L'étude des cas recensés de Légionellose montre que l'absence de réservoirs tampons pour la préparation de l'ECS ne supprime pas le risque de contamination.

L'utilisation d'un ballon dans une installation bien conçue permet au contraire à l'ECS de rester plusieurs minutes à  $60^\circ\text{C}$ , ce qui élimine les bactéries "légionelles".

L'utilisation de réservoirs tampons d'ECS est également indispensable dans bon nombre de cas (puissance des chaudières limitée, pointes de consommations importantes, économiseurs d'énergie, ballons électriques, etc.).

Pour éliminer les risques de contamination du préparateur, il faudra :

- ▷ produire l'ECS à  $60^\circ\text{C}$ ,  $55^\circ\text{C}$  mini (ne jamais dépasser  $65^\circ\text{C}$  pour limiter le risque important de corrosion et d'entartrage),

- ▷ faire des chasses systématiques des boues en fond de ballon, toutes les semaines : les ballons doivent être verticaux de préférence, sortie d'eau au point haut et vidange équipée d'une vanne, en point bas,

- ▷ homogénéiser périodiquement la température de l'eau dans tout le volume du réservoir. Prévoir une pompe d'homogénéisation des ballons de stockage, avec cannes plongeantes en fonds de réservoir. Cette pompe sera mise en service automatiquement grâce à une horloge, chaque nuit, par exemple entre 3 et 4 heures du matin,

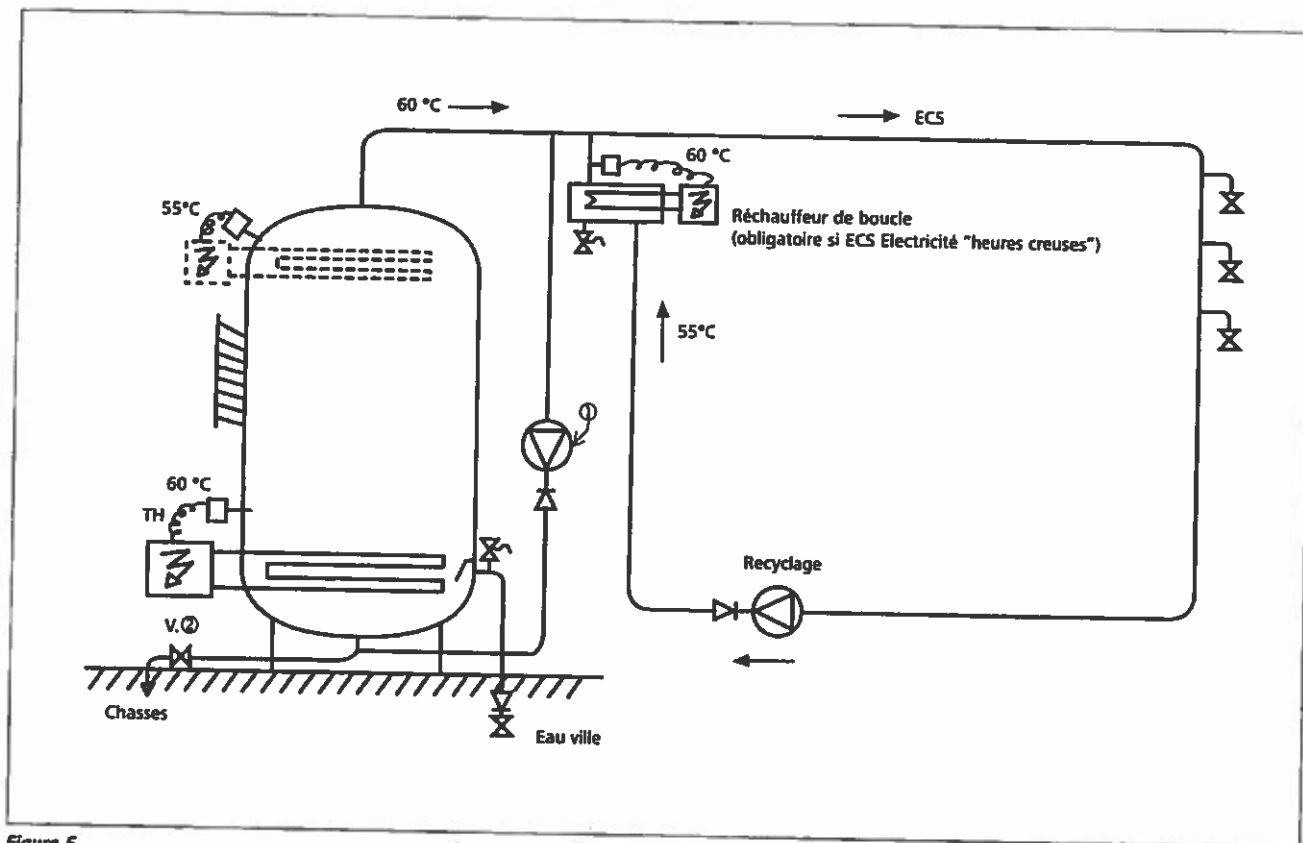


Figure 5.

▷ ne pas placer de mitigeur juste en aval du préparateur (risque de contamination par l'arrivée d'eau de ville, et de prolifération de bactéries dans l'eau mitigée à 40 - 45 °C),

▷ prévoir un dégazage efficace de l'ECS, en aval de tous les réchauffeurs et aux points hauts du réseau,

▷ éviter l'emploi de ballons horizontaux. Prévoir de préférence des ballons verticaux, avec trappe de visite et revêtement interne non rugueux, parfaitement résistant,

▷ prévoir la possibilité d'un éventuel traitement chimique du réseau en insérant une "bouteille d'injection par déplacement",

▷ et, pour les installations "sensibles", il est nécessaire d'envi-  
sager de :

- stériliser toute l'arrivée d'eau de ville.
- éliminer toutes les bactéries et virus de l'eau de ville par une filtration à 0,01 micron.

## 2.4. Exemple d'une production d'ECS à accumulation (électricité heures creuses) équipée d'un minimum d'accessoires pour limiter le risque de contamination par les légionelles

Cet exemple est donné sur le schéma de la figure 5.

ECS distribuée à 55 / 60 °C.

▷ La pompe d'homogénéisation (1) se met en service toutes les nuits, de 4 à 5 heures du matin, grâce à une horloge montée sur la pompe.

▷ Une chasse d'eau par la vanne (2) doit être réalisée environ une fois par semaine.

## 2.5. Gestion du risque lié à la présence de légionelles dans les réseaux

Nous présentons ci-après les documents les plus récents à la date de publication de ce livre émanant des autorités administratives concernant la conception et la maintenance des réseaux d'eau avec l'objectif de palier le "risque légionelles".

### 2.5.1. Circulaire DGS n° 97/311 du 24 avril 1997, relative à la surveillance et à la prévention de la légionellose - Annexes II et III : l'eau chaude sanitaire

#### 2.5.1.1. Annexe II : mesures de désinfection des circuits d'eau chaude sanitaire

##### ■ Mesures de lutte à court terme

**Éléments de robinetterie (pommes de douches, brise-jet de robinets...):**

• Il doit être prévu le remplacement de tous les joints, filtres de robinet et pommes de douches, voire flexibles de douche dont l'état d'usure le nécessite.

• Les éléments les plus récents pourront être :

- Déposés
- Détartrés dans une solution à pH acide telle que : acide sulfamique, vinaigre blanc...
- Puis désinfectés dans une solution contenant au moins 50 mg de chlore libre par litre d'eau froide pendant au moins 30 minutes.

##### Nota :

Un litre d'eau de javel à 12° chlorométrique contient 38 grammes de chlore. Pour obtenir une solution contenant

50 mg de chlore libre par litre d'eau, il est donc nécessaire de diluer 13 ml d'eau de javel à 12° cl dans 10 litres d'eau.

● Tout élément neuf doit faire l'objet d'une désinfection préalable à sa pose sur le circuit selon le même protocole que ci-dessus...

#### **Réservoirs ou ballons de stockage et circuit de distribution :**

● Vidange complète, nettoyage et détartrage des réservoirs avec rejet à l'égout des fluides obtenus et rinçage des canalisations.

● Puis, désinfection selon l'une des deux méthodes suivantes :

- Soit, "choc chloré" : mesures de chloration du réseau avec hyper chloration de ces réservoirs pendant 24 heures avec du chlore à la concentration de 15 mg / litre de chlore libre dans l'eau froide (ou 50 mg / litre pendant 12 heures), suivi d'une vidange. La solution mère désinfectante, préparée dans un bac, est introduite dans le réseau à l'aide d'une pompe à injection. Le point d'injection doit être situé en aval d'un dispositif de protection du réseau public. La teneur désirée en chlore doit être atteinte dans l'ensemble du circuit incriminé. Il y a donc lieu de la contrôler en périphérie (point d'usage). Cette opération doit être suivie d'un rinçage soigneux des canalisations.

- Soit, "choc thermique" : mesures d'élévation de la température du réseau d'eau chaude avec obtention d'une eau chaude à 70 °C en sortie de tous les robinets (en laissant couler environ 30 minutes l'eau chaude portée à cette température dans tout le réseau) et d'un contrôle permettant de s'assurer du retour à une situation permettant l'utilisation normale des installations.

#### **■ Mesures de prévention à long terme**

Ces mesures de désinfection ont un effet limité dans le temps, il est donc nécessaire de mettre en place des solutions permanentes :

● Certaines sont des mesures de maintenance et d'entretien courant qui doivent s'appliquer dans tous les bâtiments collectifs qu'ils aient été ou non confrontés à des problèmes de contamination par les légionelles. A ce sujet, il convient de rappeler que des prélèvements isolés en vue de détecter des *Legionella* et qui s'avèrent négatifs ne préjugent pas d'une parfaite innocuité de l'eau, ni de la survenue par la suite de flambées de *Legionella* et peuvent donc donner le sentiment d'une fausse sécurité vis-à-vis de ce risque. Ces mesures consistent en :

● une bonne connaissance du réseau supposant l'existence de plans à jour.

● un entretien régulier et efficace, dont les consignes même simples seront établies pour en assurer la pérennité. Ces consignes doivent être adaptées à la qualité de la ressource en eau et doivent notamment combattre la formation de biofilm, elles prévoient :

- Au moins une fois par an, la vidange, le curage, le nettoyage et la désinfection des réservoirs, chauffe-eau et canalisations. Les produits chimiques utilisés doivent être agréés, les utilisateurs doivent être protégés et la désinfection pratiquée après le nettoyage et le rinçage selon le même protocole que le choc chloré. Un rinçage prolongé suivi éventuellement d'une désinfection est nécessaire après la pose de canalisations neuves et après travaux.

- La lutte contre l'entartrage peut être réalisée, si nécessaire, sur le circuit d'eau chaude sanitaire à l'aide de résines échangeuses d'ions agréées et un suivi quotidien par un personnel formé est souhaitable.

- Le détartrage des périphériques de douches (robinets, pommes,...) est régulier, au minimum annuel.

- Dans des établissements à fonctionnement saisonnier, hôtels, centres de vacances ou camping, il faut procéder avant ouverture à un nettoyage complet des réservoirs et des éléments de robinetterie suivi d'un écoulement prolongé à tous les points d'usage.

Des contrôles de routine doivent permettre de surveiller l'évolution des installations et de l'eau y circulant. Ils portent sur la température dans les réservoirs et aux points d'usage (une fois par mois), l'inspection visuelle des réservoirs, chauffe-eau et canalisations accessibles, une fois par an.

● D'autres mesures plus drastiques peuvent être conseillées aux établissements dont on connaît la sensibilité des réseaux aux contaminations et / ou qui accueillent des personnes immuno-déprimées (établissements de soins, établissements thermaux...). La mise en œuvre de ces mesures suppose de bien connaître la structure et l'état du réseau et de porter un diagnostic sur son aptitude à supporter en continu les mesures prescrites. Elles supposent aussi de mettre en œuvre des protocoles de maintenance complémentaires, notamment pour la surveillance de la qualité de l'eau. Il faut rappeler que certains traitements de l'eau chaude sanitaire visant à maintenir un résiduel de désinfectant efficace ou à lutter contre la corrosion ou l'entartrage par l'adjonction de produits non agréés conduisent à rendre l'eau non conforme aux critères de qualité des eaux destinées à la consommation humaine tels que définis dans le décret n° 89-3 du 3 janvier 1989. Il convient donc de les réserver à des réseaux desservant des points d'usage non destinés à l'alimentation et d'en informer les usagers. Dans le cadre de ces mesures, on peut, notamment, recourir :

- Soit au maintien en permanence de chlore dans le réseau (installation de pompes à chlore) de façon à obtenir en sortie de robinet, une concentration comprise entre 1 et 2 mg/l de chlore libre. Pour limiter la production de trihalométhanes, il est recommandé de ne pas dépasser la concentration de 3 mg/l de chlore libre.

- Soit, au maintien d'une élévation permanente de température dans les réservoirs et ballons de telle sorte que la température de l'eau chaude ne soit pas inférieure à 60 °C à la sortie des réservoirs de stockage. Afin de limiter les risques de brûlures par les utilisateurs, il peut être nécessaire d'installer des mitigeurs bloqués aux points d'utilisation ou d'informer les utilisateurs.

D'autres méthodes de désinfection sont en cours d'évaluation et ne peuvent être actuellement préconisées en l'absence d'agrément.

● Cependant, l'efficacité des mesures de lutte à long terme décrites précédemment est liée à la bonne conception du réseau. C'est pourquoi des mesures complémentaires visant à supprimer les défauts de conception et à améliorer la sécurité intrinsèque des installations peuvent être également recommandées :

- Il faut profiter des travaux de plomberie pour demander la suppression des bras morts et tuyaux borgnes.

- Dans les établissements sensibles, préférer la production d'eau chaude instantanée aux ballons de stockage.

• Enfin, dans les hôtels ou les établissements de soins, pour réduire l'exposition à des *Légionella* qui auraient pu se développer dans les canalisations lorsque les chambres restent inoccupées pendant plusieurs jours, il convient de soutirer l'eau régulièrement aux exutoires et tout particulièrement avant la mise à disposition à un nouvel occupant, pour réduire l'exposition à des *Légionella* qui auraient pu se développer dans les canalisations.

### 2.5.1.2. Annexe III : bonnes pratiques d'entretien d'un réseau d'eau chaude sanitaire en vue de limiter la multiplication des légionelles

Des mesures de maintenance des réseaux d'eau chaude sanitaire devraient être appliquées dans tous les bâtiments collectifs (hôtels, campings, salles de sport...) susceptibles de proposer des douches à leurs clients. Ces mesures sont les suivantes :

• **Un entretien régulier de l'ensemble du réseau d'eau chaude.** Dans les établissements à fonctionnement saisonnier, ces opérations d'entretien doivent être réalisées avant la réouverture. Elles doivent être suivies d'un écoulement prolongé à tous les points d'usage.

#### 1) Les dispositifs de production

Les réservoirs de stockage de l'eau chaude doivent être vidangés et nettoyés au moins une fois par an. Ces opérations mécaniques peuvent être suivies d'une désinfection thermique ou chimique à l'aide de produits agréés. Toutes mesures doivent être prises pour protéger les opérateurs. Une température de l'eau inférieure à 60 °C dans les réservoirs de stockage est un facteur associé à la persistance de multiplication de *Légionella*, il est donc important de ne pas réduire cette température. En périphérie, la température de l'eau distribuée doit être de l'ordre de 50 °C pour limiter les risques de brûlures des usagers.

#### 2) Les circuits de distribution

Ceux-ci doivent faire l'objet d'une chasse périodique vigoureuse.

#### 3) Les éléments périphériques de distribution :

▷ Il doit être prévu le remplacement de tous les joints, filtres de robinets et pommes de douche, voire flexibles de douche dont l'état d'usure le nécessite.

▷ Les éléments de robinetterie doivent faire l'objet d'un entretien au minimum tous les 6 mois :

- Dépose et détartrage dans une solution à pH acide telle que acide sulfamique, vinaigre blanc...

- Rinçage puis désinfection par une solution contenant au moins 50 mg de chlore libre par litre d'eau froide pendant au moins 30 minutes.

#### • A l'occasion de travaux sur le réseau :

- Etablir un cahier de maintenance sur tous les travaux et opérations réalisés sur le réseau.

- Profiter des travaux de plomberie pour demander la suppression des bras morts et tuyaux borgnes. Actualiser les plans du réseau.

- Procéder à un rinçage prolongé qui peut être suivi d'une désinfection et d'un rinçage. Ces mesures sont nécessaires après la pose de canalisations neuves et après travaux.

#### • Établissements dont les appartements ou les chambres restent inoccupés pendant plusieurs jours.

Il convient de soutirer l'eau régulièrement aux points d'utilisation et tout particulièrement avant la mise à disposition à un nouvel occupant, pour réduire l'exposition à des *Legionella* qui auraient pu se développer dans les canalisations.

### 2.5.2. Circulaire DGS / VS 4 n° 98-771

Elle est relative à la mise en œuvre des bonnes pratiques d'entretien des réseaux d'eau dans les établissements de santé et aux moyens de prévention du risque lié aux "Légionelles" dans les installations à risque et dans celles des établissements recevant du public.

(Texte non paru au JO)

En ce qui concerne l'ECS :

*"...Les bactéries du genre *Légionella* se rencontrent principalement dans les eaux. La gestion du risque sanitaire lié aux légionelles repose avant tout sur de bonnes pratiques d'entretien des réseaux d'eau, en particulier d'eau chaude sanitaire.*

*Une contamination même faible (au niveau du seuil de détection par exemple) par les légionelles aux points de puisage peut constituer un danger sanitaire particulièrement pour les sujets présentant des facteurs de risque en rapport avec une affection de l'appareil respiratoire ou avec la baisse de leurs fonctions immunitaires. Les patients concernés sont très nombreux, de même que les personnes âgées, les prématurés et les nouveaux nés.*

*Il est de la responsabilité des gestionnaires d'établissement de santé de vérifier et de garantir la qualité de l'eau aux points d'usage. Cela conduit à rappeler l'importance du respect des recommandations de suivi et de maintenance du réseau d'Eau Chaude Sanitaire indiquées dans la circulaire du 24 avril 1997.*

*Pour cela, chaque responsable doit détenir un dossier régulièrement actualisé comportant :*

- La description des réseaux.
- Le protocole de maintenance et d'entretien de ces réseaux.
- Les résultats des analyses effectuées périodiquement.
- S'il y a lieu, le programme d'amélioration des réseaux.

*Il y a lieu de mettre en œuvre une surveillance de la contamination des réseaux par la recherche de légionelles sur des prélèvements effectués dans les réservoirs, ballons d'eau, installations à risque, points d'usage.*

*Ces prélèvements doivent être effectués au moins une fois par an sur tous les réservoirs, ballons, installations à risque ainsi qu'au niveau de 2 points d'usage pour les établissements de moins de 500 lits...*

*(Pour les légionelles, prélever également un échantillon au point d'arrivée de l'eau de ville sur le préparateur d'ECS.*

Comparer les résultats de ce prélèvement aux prélèvements réalisés sur le réseau d'ECS : parfois, l'eau de ville contient déjà trop de légionelles).

Des contrôles approfondis sont nécessaires en cas de prélèvement positif et lors de la survenue de cas groupés de légionellose.

- Dans les établissements sensibles, préférer la production d'eau chaude instantanée aux ballons de stockage.

• Enfin, dans les hôtels ou les établissements de soins, pour réduire l'exposition à des *Légionella* qui auraient pu se développer dans les canalisations lorsque les chambres restent inoccupées pendant plusieurs jours, il convient de soutirer l'eau régulièrement aux exutoires et tout particulièrement avant la mise à disposition à un nouvel occupant, pour réduire l'exposition à des *Légionella* qui auraient pu se développer dans les canalisations.

#### **2.5.1.2. Annexe III : bonnes pratiques d'entretien d'un réseau d'eau chaude sanitaire en vue de limiter la multiplication des légionelles**

Des mesures de maintenance des réseaux d'eau chaude sanitaire devraient être appliquées dans tous les bâtiments collectifs (hôtels, campings, salles de sport...) susceptibles de proposer des douches à leurs clients. Ces mesures sont les suivantes :

• **Un entretien régulier de l'ensemble du réseau d'eau chaude.** Dans les établissements à fonctionnement saisonnier, ces opérations d'entretien doivent être réalisées avant la réouverture. Elles doivent être suivies d'un écoulement prolongé à tous les points d'usage.

##### **1) Les dispositifs de production**

Les réservoirs de stockage de l'eau chaude doivent être vidangés et nettoyés au moins une fois par an. Ces opérations mécaniques peuvent être suivies d'une désinfection thermique ou chimique à l'aide de produits agréés. Toutes mesures doivent être prises pour protéger les opérateurs. Une température de l'eau inférieure à 60 °C dans les réservoirs de stockage est un facteur associé à la persistance de multiplication de *Légionella*, il est donc important de ne pas réduire cette température. En périphérie, la température de l'eau distribuée doit être de l'ordre de 50 °C pour limiter les risques de brûlures des usagers.

##### **2) Les circuits de distribution**

Ceux-ci doivent faire l'objet d'une chasse périodique vigoureuse.

##### **3) Les éléments périphériques de distribution :**

▷ Il doit être prévu le remplacement de tous les joints, filtres de robinets et pommes de douche, voire flexibles de douche dont l'état d'usure le nécessite.

▷ Les éléments de robinetterie doivent faire l'objet d'un entretien au minimum tous les 6 mois :

- Dépose et détartrage dans une solution à pH acide telle que acide sulfamique, vinaigre blanc...

- Rinçage puis désinfection par une solution contenant au moins 50 mg de chlore libre par litre d'eau froide pendant au moins 30 minutes.

##### **• A l'occasion de travaux sur le réseau :**

- Etablir un cahier de maintenance sur tous les travaux et opérations réalisés sur le réseau.

- Profiter des travaux de plomberie pour demander la suppression des bras morts et tuyaux borgnes. Actualiser les plans du réseau.

- Procéder à un rinçage prolongé qui peut être suivi d'une désinfection et d'un rinçage. Ces mesures sont nécessaires après la pose de canalisations neuves et après travaux.

##### **• Établissements dont les appartements ou les chambres restent inoccupés pendant plusieurs jours.**

Il convient de soutirer l'eau régulièrement aux points d'utilisation et tout particulièrement avant la mise à disposition à un nouvel occupant, pour réduire l'exposition à des *Légionella* qui auraient pu se développer dans les canalisations.

#### **2.5.2. Circulaire DGS / VS 4 n° 98-771**

Elle est relative à la mise en œuvre des bonnes pratiques d'entretien des réseaux d'eau dans les établissements de santé et aux moyens de prévention du risque lié aux "Légionelles" dans les installations à risque et dans celles des établissements recevant du public.

(Texte non paru au JO)

En ce qui concerne l'ECS :

*"...Les bactéries du genre *Légionella* se rencontrent principalement dans les eaux. La gestion du risque sanitaire lié aux légionelles repose avant tout sur de bonnes pratiques d'entretien des réseaux d'eau, en particulier d'eau chaude sanitaire.*

*Une contamination même faible (au niveau du seuil de détection par exemple) par les légionelles aux points de puisage peut constituer un danger sanitaire particulièrement pour les sujets présentant des facteurs de risque en rapport avec une affection de l'appareil respiratoire ou avec la baisse de leurs fonctions immunitaires. Les patients concernés sont très nombreux, de même que les personnes âgées, les prématurés et les nouveaux nés.*

*Il est de la responsabilité des gestionnaires d'établissement de santé de vérifier et de garantir la qualité de l'eau aux points d'usage. Cela conduit à rappeler l'importance du respect des recommandations de suivi et de maintenance du réseau d'Eau Chaude Sanitaire indiquées dans la circulaire du 24 avril 1997.*

*Pour cela, chaque responsable doit détenir un dossier régulièrement actualisé comportant :*

- La description des réseaux.
- Le protocole de maintenance et d'entretien de ces réseaux.
- Les résultats des analyses effectuées périodiquement.
- S'il y a lieu, le programme d'amélioration des réseaux.

*Il y a lieu de mettre en œuvre une surveillance de la contamination des réseaux par la recherche de légionelles sur des prélèvements effectués dans les réservoirs, ballons d'eau, installations à risque, points d'usage.*

*Ces prélèvements doivent être effectués au moins une fois par an sur tous les réservoirs, ballons, installations à risque ainsi qu'au niveau de 2 points d'usage pour les établissements de moins de 500 lits...*

(Pour les légionelles, prélever également un échantillon au point d'arrivée de l'eau de ville sur le préparateur d'ECS.)

Comparer les résultats de ce prélèvement aux prélèvements réalisés sur le réseau d'ECS : parfois, l'eau de ville contient déjà trop de légionelles).

Des contrôles approfondis sont nécessaires en cas de prélèvement positif et lors de la survenue de cas groupés de légionellose.

### 2.5.3. 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

La circulaire précise les mesures de prévention et les modalités de surveillance à mettre en œuvre pour lutter contre la légionellose dans les établissements de santé.

Ce texte abroge la Circulaire n° 538 TG 3 du 3 juillet 1974 relative à la prévention des accidents de brûlures par l'eau chaude sanitaire et modifie la Circulaire DGS n° 98 / 771 du 31 décembre 1998 relative à la mise en œuvre de bonnes pratiques d'entretien des réseaux d'eau dans les établissements de santé et aux moyens de prévention du risque lié aux légionelles dans les installations à risque des bâtiments recevant du public.

#### Arrêté préfectoral des Hauts-de-Seine

Un Arrêté Préfectoral qui s'applique aux Etablissements Recevant du Public a été pris le 27 février 2001 dans les Hauts-de-seine (92).

Il prescrit des mesures visant à limiter le développement de légionelles dans les installations, à surveiller le niveau de contamination éventuel et informer le public.

Son but est de maîtriser le risque présenté par les deux principales sources de contamination que sont les réseaux d'eau chaude sanitaire avec douches et les tours aéroréfrigérantes.

### 2.5.4. 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.

Le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, sur demande de la Direction Générale de la Santé, a produit en novembre 2001 des recommandations relatives à la gestion des risques sanitaires liés aux légionelles. Le rapport présente un rappel des bases réglementaires et une synthèse des connaissances relatives à l'évaluation du risque sanitaire. Il propose des mesures de prévention du risque lié aux légionelles en fonction des installations concernées, en particulier en ce qui concerne les réseaux d'eau chaude. Les recommandations finales portent sur la conception, la maintenance des installations et les modalités de surveillance de l'état de contamination des réseaux de distribution.

Les principales installations concernées sont les bains à remous, bains à bulles, spas, jacuzzi, baignoires à brassage, jets d'eaux et fontaines décoratives. Pour ces installations, les recommandations et mesures d'entretien à respecter figurent en annexe V du rapport.

### 3. Les systèmes aptes à stériliser l'eau de ville utilisée pour la production d'ECS

L'eau de ville contient naturellement en faible quantité des bactéries du type légionelle.

Leur éradication complète est difficile, voire impossible, dans les réseaux existants.

Pour les réseaux neufs, un des meilleurs moyens de lutte contre les légionelles est de supprimer les bactéries au niveau de l'ar-

rivée d'eau de ville alimentant les préparateurs,... puis de conserver un réseau sain.

Différentes solutions sont proposées sur le marché.

#### 3.1. La chloration préventive et curative

Le système doit permettre de passer à tous moments alternativement d'un traitement de sécurisation (entre 0,1 et 0,2 mg/l de chlore libre) à un traitement de choc (concentration supérieure à 60 mg/l) ou à un traitement de stabilisation (1 à 2 mg/l).

L'installation comprend :

- ▷ Un compteur à impulsions sur l'arrivée d'eau de ville pour mesurer les consommations.
- ▷ Une pompe doseuse qui injecte automatiquement du chlore dilué.
- ▷ Une pompe de traitement filmogène (polyphosphate et silicate).
- ▷ Un triple contrôle de la concentration en chlore dans l'ECS.
- ▷ Une armoire électronique de contrôle et de commande.

#### Inconvénients des systèmes par chloration :

- ▷ Le chlore ne fait qu'inhiber la multiplication bactérienne. Il va masquer la contamination mais ne la supprimera pas.
- ▷ Le chlore augmente le risque de corrosion, s'il est mal dosé, et de détérioration des réseaux.
- ▷ Les coûts de l'installation et d'exploitation sont élevés.

#### 3.2. L'ionisation "cuivre-argent"

L'ionisation "cuivre-argent" peut constituer une solution alternative aux traitements par "chloration" ou par "chocs thermiques". Ce système est rencontré dans des pays comme les Etats Unis, le Canada ou la Grande Bretagne. Il peut traiter des débits d'eau allant jusqu'à 70 m³/h.

Le principe consiste à utiliser l'électrolyse pour enrichir l'eau d'ions cuivre (++) et argent (+) avant l'entrée dans le circuit d'ECS.

Ce traitement entraîne la destruction totale des bactéries telles que les légionelles mais restera inefficace sur les bras morts où l'eau peut stagner pendant plusieurs mois : il faut obligatoirement rincer tous les bras morts, tous les mois au minimum.

Nota : l'inefficacité dans les bras morts est valable pour tous les systèmes.

#### Inconvénients des systèmes par ionisation :

- ▷ L'équipement doit être régulièrement entretenu et suivi par un spécialiste.
  - ▷ Un appareil unique peut tomber en panne et ne présente pas une sécurité suffisante.
  - ▷ Un coût élevé de l'installation et des électrodes à changer chaque année.
  - ▷ Et, surtout, la présence des ions cuivre : de nombreux exploitants craignent que ces ions cuivre puissent provoquer des corrosions graves dans toutes les canalisations en acier galvanisé sur les installations existantes. Ces corrosions ne seront visibles qu'au bout de quelques années et les dégâts possibles présentent un risque trop important. En conséquence, il est judicieux de ne réserver ce traitement qu'aux réseaux sans acier galvanisé.
- Variante : technique d'injection de peroxyde d'hydrogène + sels d'argent.

#### 3.3. Les lampes à "ultra-violet"

Cette technique, pour traiter toute l'eau de ville nécessaire à l'ECS semble d'une efficacité limitée et demande un entretien

rigoureux : un encrassement de la cellule peut permettre un passage de bactéries qui viendront polluer le réseau.

### 3.4. Les appareils de chauffage terminaux

Pour éviter les problèmes de canalisations de distribution d'ECS et de recyclage avec la présence de longs bras morts, une solution technique consiste à ne distribuer que de l'eau froide et à produire de l'ECS le plus près possible des points de puisage. Un échangeur peut être incorporé à la douche et un autre au lavabo, etc.

Ces appareils ont pour inconvénient un coût global élevé et un faible confort pour les utilisateurs : les échangeurs du type "instantané" ont une puissance unitaire limitée.

### 3.5. Les filtres à cartouche céramique avec porosité de 0,01 micron

Les filtres à cartouche céramique peuvent être une solution d'avenir pour les problèmes d'élimination des bactéries amenées dans l'ECS par l'entrée d'eau de ville.

Il est également envisageable de traiter l'eau de ville (eau froide) dès l'entrée dans l'immeuble, pour les installations neuves... sachant qu'une contamination ultérieure ne peut être exclue.

La cartouche céramique d'une porosité de 0,01 micron arrête toutes les bactéries et certains virus (gros : 0,02 à 0,3 micron). Les bactéries piégées ne peuvent pas survivre dans le filtre et seront périodiquement éliminées par rejet à l'égout grâce à un nettoyage automatique par circulation à contre courant à l'aide d'eau traitée.

Contrairement aux filtres classiques, les filtres céramique ne nécessitent pas le remplacement systématique des éléments filtrants : la durée de vie d'un élément céramique est de 10 à 15 ans et son entretien (rinçage à contre courant) est automatisable.

L'eau filtrée par une cartouche céramique est rendue potable sans addition de produit chimique. Le calcaire de l'eau ou le sel d'eau saumâtre ne sont pas éliminés : ceci est le domaine de "l'osmose inverse" d'un coût global d'installation et d'exploitation très élevé. Par contre le filtre peut clarifier une eau trouble, chargée d'impuretés diverses (boues, oxydes, déchets,...). La perte de charge dans une cartouche céramique est de 2 à 3 bar au débit nominal. Pour vaincre cette perte de charge, une pompe de surpression peut être nécessaire sur certaines installations. Deux éléments filtrants sont systématiquement montés en parallèle pour permettre le nettoyage alterné des cartouches, sans interruption et à l'aide d'eau toujours dépolluée.

#### Inconvénient des filtres céramique :

▷ Il n'est pas possible de vérifier automatiquement en continu la capacité de dépollution du filtre : il faut procéder à une analyse bactériologique de l'eau, environ une fois par an.

▷ Pour éviter de polluer un réseau sain, il est donc conseillé de monter en secours un deuxième système de stérilisation, toujours sans additif chimique : par exemple, un préparateur avec eau à 60 °C et échangeur désurchauffeur pour une distribution à 45°C.

### 3.6. La stérilisation thermique à 60 °C avec échangeur désurchauffeur

Dans l'appareil proposé, la préparation de l'ECS est à 60 °C pour stériliser toute l'eau de ville qui transite en totalité, avec

l'eau de la boucle, dans le préparateur. La durée de maintien de l'eau à cette température est de plusieurs secondes pour pouvoir éliminer les bactéries.

La distribution préconisée en général est à 55°C ceci pour limiter les risques de brûlure et de corrosion. Elle doit être limitée à 45°C pour l'eau à usage sanitaire dans les établissements de santé.

En conséquence, si l'on veut diminuer considérablement le risque de présence de légionelles (le risque zéro n'existe pas), on peut équiper tous les départs d'installations d'ECS, et principalement ceux à risques (Hôpitaux - Hôtels - Douches collectives,...) d'un échangeur-désurchauffeur adapté : différents échangeurs-désurchauffeurs ont été mis au point, testés et utilisés depuis 1988. Ils ont montré leur efficacité comme barrage aux légionelles : à ce jour, aucun cas "positif" n'a été relevé sur les installations équipées (figures 6, 7 et 8, page 96).

L'échangeur-désurchauffeur est un échangeur monobloc spécialement adapté, à faible perte de charge et calculé pour le débit de pointe d'ECS. L'échangeur est régulé pour éviter une eau distribuée trop chaude ou trop froide. Il est choisi en fonction de la puissance et du type de préparateur ECS existant : l'eau à chauffer et l'eau recyclée (boucle), transitent obligatoirement par l'échangeur. Un bipasse manuel (normalement fermé) permet, si nécessaire, le traitement par choc thermique de tout le circuit de distribution : l'eau chauffée à 70 °C maxi - 60 °C mini doit circuler dans tout le circuit et s'écouler pendant 30 minutes environ à chaque robinet (installation hors service pour les usagers, en raison des risques de brûlures graves).

### 3.7. Conception d'une installation avec 2 protections en série

Les systèmes existants les plus performants sans aucun additif chimique sont :

▷ La micro filtration par cartouches céramique.

▷ La stérilisation thermique à 60 °C avec échangeur désurchauffeur.

Pour les installations à risque (hôpitaux, maisons de retraite,...) la protection la plus fiable peut consister à équiper une installation de production d'ECS de ces 2 techniques (filtre céramique + échangeur-désurchauffeur), montées en série.

Des modules "double protection" sont réalisés en ensembles monoblocs préfabriqués d'usine. Ils sont adaptés à tous les préparateurs d'ECS : instantanés, semi-instantanés, semi-accumulation et accumulation.

Les préparateurs d'ECS équipés de cette double protection sont composés :

▷ d'un échangeur de production d'ECS et sa régulation,

▷ d'un échangeur-désurchauffeur et sa régulation,

▷ d'un filtre céramique à 2 cartouches en parallèle.

La figure 7 donne un exemple de préparateur instantané équipé en "double protection".

## 4. Entretien systématique pour la prévention des réseaux ECS contre le risque de contamination par les légionelles

Rappelons tout d'abord que les traitements curatifs par chocs chimiques ou thermiques doivent rester exceptionnels (installa-



rigoureux : un encrassement de la cellule peut permettre un passage de bactéries qui viendront polluer le réseau.

### 3.4. Les appareils de chauffage terminaux

Pour éviter les problèmes de canalisations de distribution d'ECS et de recyclage avec la présence de longs bras morts, une solution technique consiste à ne distribuer que de l'eau froide et à produire de l'ECS le plus près possible des points de puisage. Un échangeur peut être incorporé à la douche et un autre au lavabo, etc.

Ces appareils ont pour inconvénient un coût global élevé et un faible confort pour les utilisateurs : les échangeurs du type "instantané" ont une puissance unitaire limitée.

### 3.5. Les filtres à cartouche céramique avec porosité de 0,01 micron

Les filtres à cartouche céramique peuvent être une solution d'avenir pour les problèmes d'élimination des bactéries amenées dans l'ECS par l'entrée d'eau de ville.

Il est également envisageable de traiter l'eau de ville (eau froide) dès l'entrée dans l'immeuble, pour les installations neuves... sachant qu'une contamination ultérieure ne peut être exclue.

La cartouche céramique d'une porosité de 0,01 micron arrête toutes les bactéries et certains virus (gros : 0,02 à 0,3 micron). Les bactéries piégées ne peuvent pas survivre dans le filtre et seront périodiquement éliminées par rejet à l'égout grâce à un nettoyage automatique par circulation à contre courant à l'aide d'eau traitée.

Contrairement aux filtres classiques, les filtres céramique ne nécessitent pas le remplacement systématique des éléments filtrants : la durée de vie d'un élément céramique est de 10 à 15 ans et son entretien (rinçage à contre courant) est automatisable.

L'eau filtrée par une cartouche céramique est rendue potable sans addition de produit chimique. Le calcaire de l'eau ou le sel d'eau saumâtre ne sont pas éliminés : ceci est le domaine de "l'osmose inverse" d'un coût global d'installation et d'exploitation très élevé. Par contre le filtre peut clarifier une eau trouble, chargée d'impuretés diverses (boues, oxydes, déchets,...).

La perte de charge dans une cartouche céramique est de 2 à 3 bar au débit nominal. Pour vaincre cette perte de charge, une pompe de surpression peut être nécessaire sur certaines installations. Deux éléments filtrants sont systématiquement montés en parallèle pour permettre le nettoyage alterné des cartouches, sans interruption et à l'aide d'eau toujours dépolluée.

#### Inconvénient des filtres céramique :

▷ Il n'est pas possible de vérifier automatiquement en continu la capacité de dépollution du filtre : il faut procéder à une analyse bactériologique de l'eau, environ une fois par an.

▷ Pour éviter de polluer un réseau sain, il est donc conseillé de monter en secours un deuxième système de stérilisation, toujours sans additif chimique : par exemple, un préparateur avec eau à 60 °C et échangeur désurchauffeur pour une distribution à 45°C.

### 3.6. La stérilisation thermique à 60 °C avec échangeur désurchauffeur

Dans l'appareil proposé, la préparation de l'ECS est à 60 °C pour stériliser toute l'eau de ville qui transite en totalité, avec

l'eau de la boucle, dans le préparateur. La durée de maintien de l'eau à cette température est de plusieurs secondes pour pouvoir éliminer les bactéries.

La distribution préconisée en général est à 55°C ceci pour limiter les risques de brûlure et de corrosion. Elle doit être limitée à 45°C pour l'eau à usage sanitaire dans les établissements de santé.

En conséquence, si l'on veut diminuer considérablement le risque de présence de légionelles (le risque zéro n'existe pas), on peut équiper tous les départs d'installations d'ECS, et principalement ceux à risques (Hôpitaux - Hôtels - Douches collectives,...) d'un échangeur-désurchauffeur adapté : différents échangeurs-désurchauffeurs ont été mis au point, testés et utilisés depuis 1988. Ils ont montré leur efficacité comme barrage aux légionelles : à ce jour, aucun cas "positif" n'a été relevé sur les installations équipées (figures 6, 7 et 8, page 96).

L'échangeur-désurchauffeur est un échangeur monobloc spécialement adapté, à faible perte de charge et calculé pour le débit de pointe d'ECS. L'échangeur est régulé pour éviter une eau distribuée trop chaude ou trop froide. Il est choisi en fonction de la puissance et du type de préparateur ECS existant : l'eau à chauffer et l'eau recyclée (boucle), transitent obligatoirement par l'échangeur. Un bypass manuel (normalement fermé) permet, si nécessaire, le traitement par choc thermique de tout le circuit de distribution : l'eau chauffée à 70 °C maxi - 60 °C mini doit circuler dans tout le circuit et s'écouler pendant 30 minutes environ à chaque robinet (installation hors service pour les usagers, en raison des risques de brûlures graves).

### 3.7. Conception d'une installation avec 2 protections en série

Les systèmes existants les plus performants sans aucun additif chimique sont :

▷ La micro filtration par cartouches céramique.

▷ La stérilisation thermique à 60 °C avec échangeur désurchauffeur.

Pour les installations à risque (hôpitaux, maisons de retraite,...) la protection la plus fiable peut consister à équiper une installation de production d'ECS de ces 2 techniques (filtre céramique + échangeur-désurchauffeur), montées en série.

Des modules "double protection" sont réalisés en ensembles monoblocs préfabriqués d'usine. Ils sont adaptés à tous les préparateurs d'ECS : instantanés, semi-instantanés, semi-accumulation et accumulation.

Les préparateurs d'ECS équipés de cette double protection sont composés :

▷ d'un échangeur de production d'ECS et sa régulation,

▷ d'un échangeur-désurchauffeur et sa régulation,

▷ d'un filtre céramique à 2 cartouches en parallèle.

La figure 7 donne un exemple de préparateur instantané équipé en "double protection".

## 4. Entretien systématique pour la prévention des réseaux ECS contre le risque de contamination par les légionelles

Rappelons tout d'abord que les traitements curatifs par chocs chimiques ou thermiques doivent rester exceptionnels (installa-



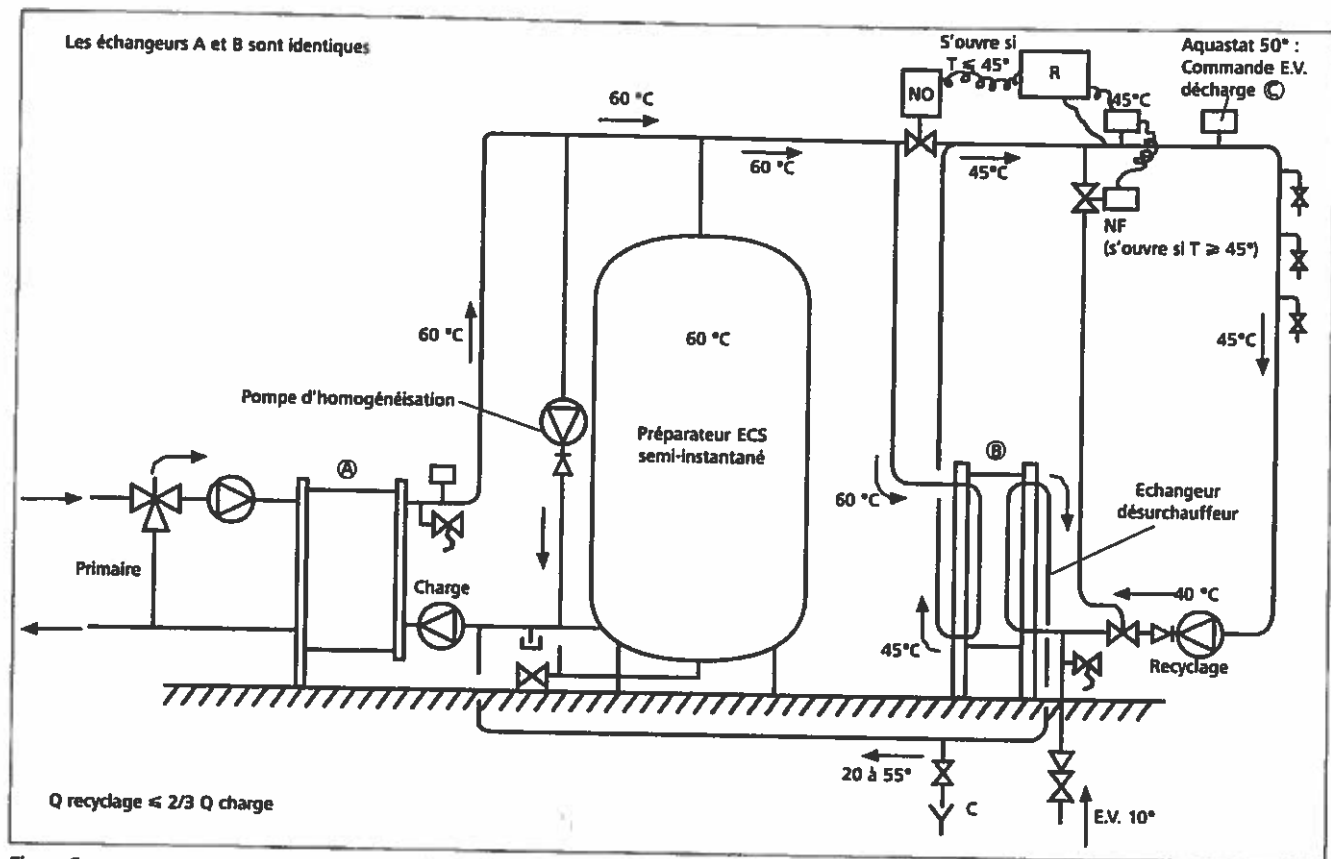


Figure 6.

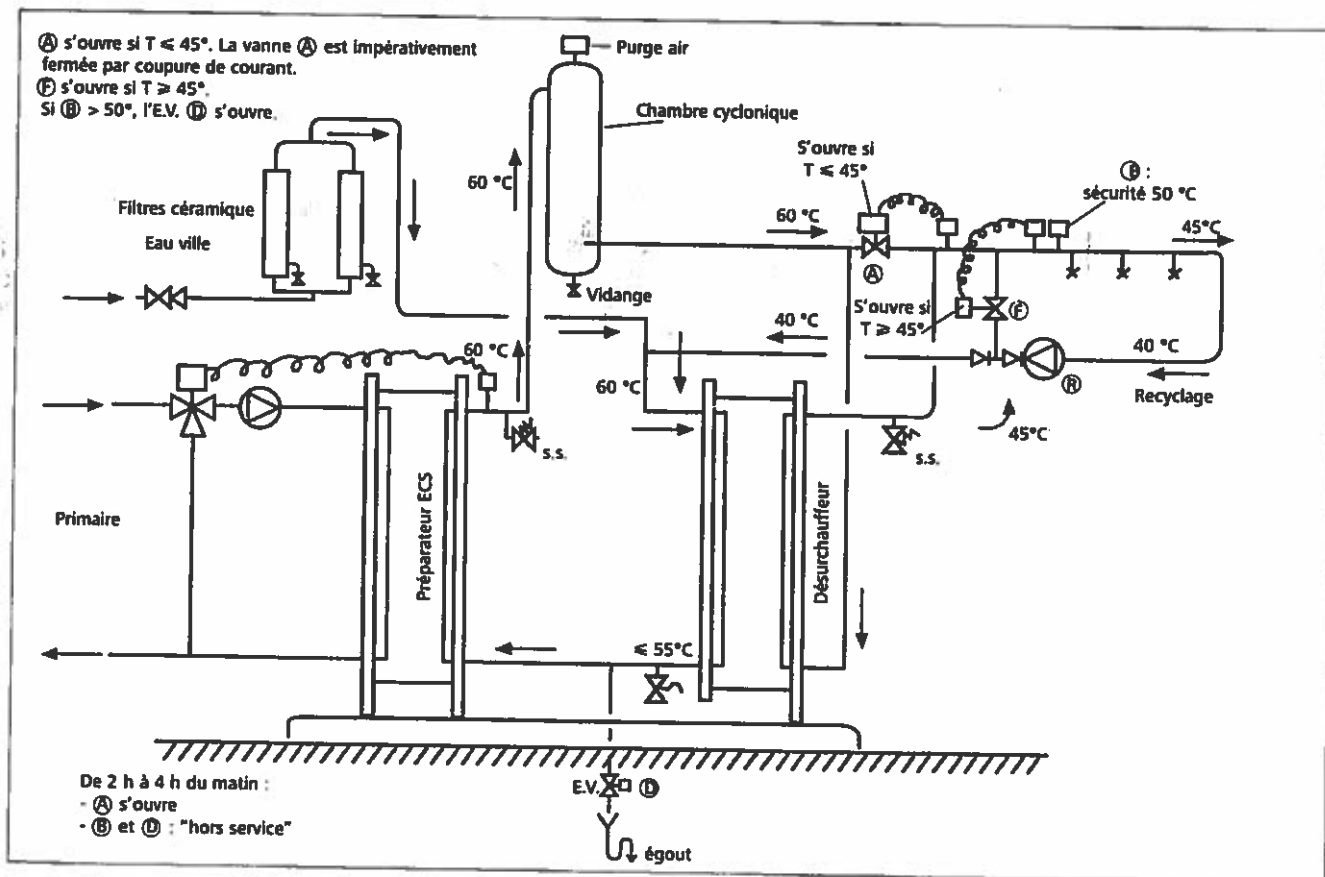


Figure 7.

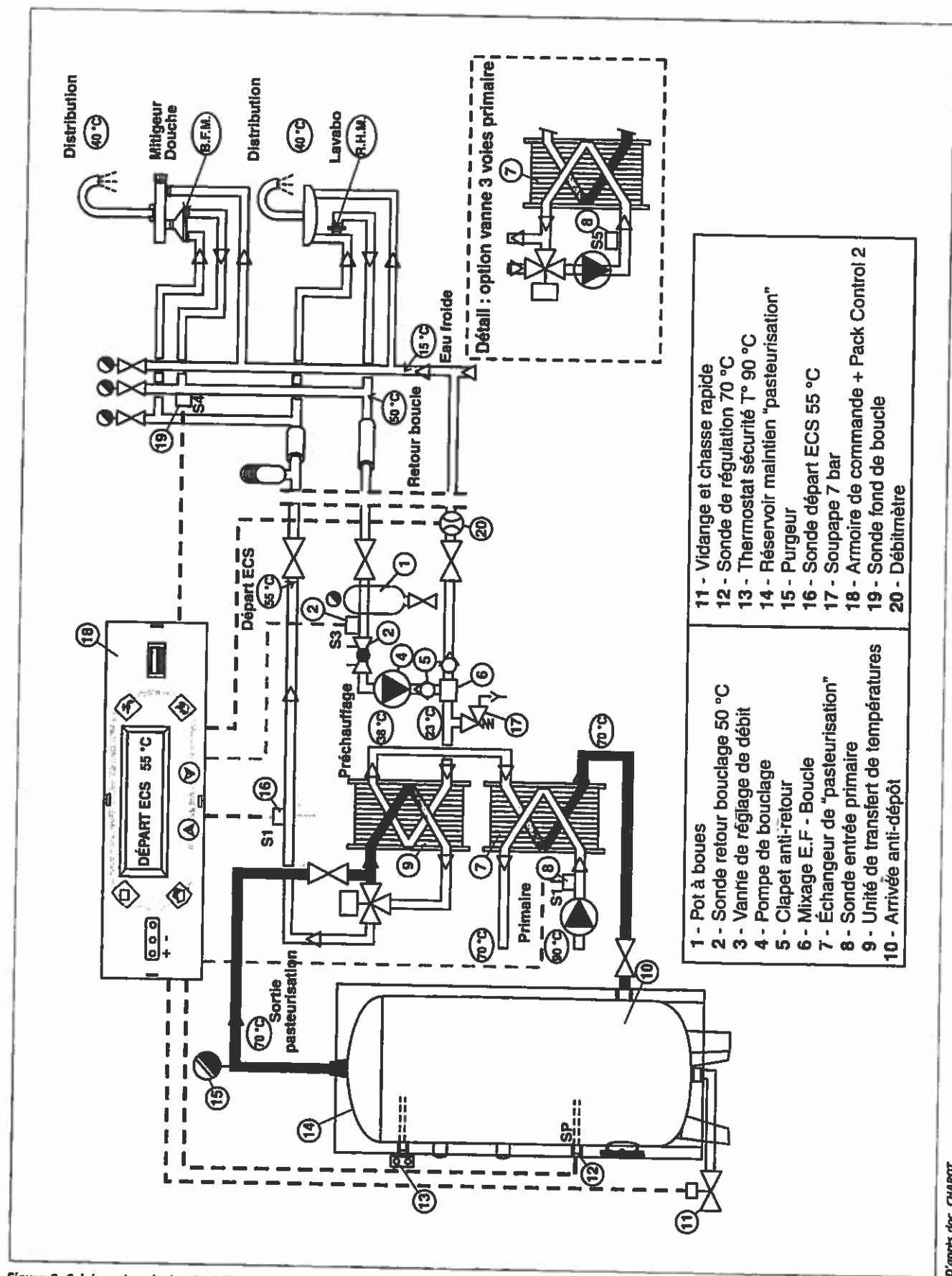


Figure 8. Schéma de principe "stérilisation".

D'après doc. CHARTOT.

tions à risques, installations non conformes au concept "protection-légionelles", ou installation révélée positive à une analyse).

Si l'on doit intervenir sur une installation d'ECS existante il faut, par simple bon sens, regarder toute l'installation d'un œil critique, valider la mise aux normes techniques, utiliser des matériaux adaptés et respecter les règles de l'art de la profession. Il ne faut pas ajouter un nouvel appareil sans vérifier que celui-ci est bien compatible avec l'installation existante : métaux, température maximale de l'eau...

L'entretien minimal d'une installation d'ECS comporte les travaux suivants :

- ▷ toutes les semaines : chasse des boues du ballon,
- ▷ tous les ans : prélèvement d'eau aux points les plus risqués, pour contrôle d'absence de légionelles,
- ▷ démontage et stérilisation (chimique ou par étuvage) de toutes les douchettes et pommes de douche principalement, mais aussi des brise-jet de lavabos, si les points de puisage n'ont pas été utilisés pendant environ une semaine et plus.

#### 5. Délai d'éradication de la légionelle (en secondes), par traitement thermique

	°C	Temps d'exposition minimal (en secondes)
Extrapolées	90	0,001
	80	0,030
	75	0,189
	74	0,276
	73	0,407
	72	0,604
	71	0,899
	70	1,347
	69	2,029
	68	3,075
	67	4,690
Labo	66	27
	60	45
	55	840 (14 minutes)
	50	22 800 (6 h 20 minutes)

Détection des bactéries : méthode dite PCR-NF T 90-471 depuis avril 2010.

#### 6. Vitesse de reproduction des bactéries

État initial	Nombre de cycles de 4 heures	État final (en UFC)
1 unité formant colonie (UFC)	10	1 024
	14	16 384
	17	131 072
	20	1 048 576

#### 7. Rappel

À la conception, si possible, installer un préparateur peu favorable au développement des légionelles.

Exemple :

▷ Producteur "instantané", eau distribuée à 55, 60 °C maxi.

▷ Préparateur "semi-instantané" avec accumulation sur le primaire (voir page 19). ■

# Chapitre 6

## EXEMPLES DE CALCUL RAPIDE D'INSTALLATIONS SANITAIRES

### 1. Hôtel sans restauration

#### 1.1. Données

Soit un hôtel existant de 50 chambres près d'un aéroport.  
Classe : 3\*\*\*.

Hôtel sans restauration.

L'eau chaude doit être disponible en toute heure du jour ou de la nuit : priorité au confort du client.

Chauffage des chambres : chauffage central gaz avec radiateurs.

Puissance nominale de la chaudière existante : 300 kW.

#### 1.2. Calculs

Toutes les informations concernant l'installation doivent être recueillies et portées sur le document du type décrit figure 23, chapitre 3. Ce document est reproduit, complété par les informations concernant le projet étudié figure 1, ci-après.

#### 1.3. Choix technique commentaires :

- La solution "préparateur instantané" n'est pas retenue : elle exige une puissance trop importante : 458 kW, non compatible avec la chaudière existante (300 kW).
- La solution "semi-accumulation" ne présente aucun avantage. La capacité du réservoir nécessaire est trop importante.
- La solution "accumulation", électricité heures creuses n'est pas retenue :

- la puissance à souscrire (52 kW) est trop importante
- la capacité de stockage nécessaire est trop importante
- coût de l'énergie électrique

- La solution retenue est la solution "semi-instantané".

Avantages :

▷ Puissance compatible avec la chaudière. Le raccordement du primaire peut se faire sur la bouteille de découplage hydraulique, avec "priorité ECS".

▷ Ballon de 750 litres, standard, compétitif et de faible encombrement.

▷ Ensemble "semi-instantané" monobloc, préfabriqué d'usine, compétitif à l'achat et à l'installation.

▷ Pas de réchauffeur de boucle à prévoir

▷ Coût d'exploitation intéressant.

### 2. Restaurant universitaire

Un second exemple est donné figure 2. Il concerne un restaurant universitaire.

#### 2.1. Choix techniques et commentaires

Après analyse de l'opération projetée dont les caractéristiques sont reportées directement sur la figure 2, les conclusions sont les suivantes :

Installation prévue sans recyclage.

Installation pour les repas : 2 préparateurs semi-instantanés de 140 kW et 2000 litres unitaire + un troisième, en secours.

Installation pour les machines à laver : installation indépendante, avec adoucisseur. Deux préparateurs semi-instantanés de 100 kW et 1000 litres unitaire + un troisième en secours.

Construction : Cuve inox (eau adoucie).

Energie : Gaz naturel. Générateur du type "très haut rendement" ou "condensation".

### 3. Estimation des consommations d'ECS individuelles et de l'énergie nécessaire à la production

Le besoin annuel d'énergie pour assurer la production d'ECS nécessaire est estimé égal à **25 kW/an.m<sup>2</sup> habitable** : c'est une puissance utile minimale.

L'énergie totale consommée est cette valeur minimale, à corriger en fonction du rendement moyen du système de production d'eau chaude sanitaire.

La consommation d'ECS correspondante, par an, est de :

$$25 \times 860 / (55 - 10) = 478 \text{ litres/an.m}^2, \text{ ECS à } 55^\circ\text{C}.$$

Soit : par jour, moyenne sur 365 jours :  
 $478 / 365 = 1,3 \text{ litre/jour.m}^2$ . ECS à 55 °C.

Soit : par semaine, en moyenne :  
 $478 / 52 = 9,2 \text{ litres/semaine.m}^2$ . ECS à 55 °C

(ou bien, si l'ECS est à 40 °C :

$$9,2 \times \frac{25}{30} = 9,2 \times 1,5 = 13,8 \text{ litres/jour.m}^2$$

#### Exemple :

Nota : la surface théorique habitable "utile" par logement est de 27 m<sup>2</sup> par adulte, et 3 enfants occupent une surface équivalente à celle de 2 adultes.

Soit un immeuble composé d'appartements F4 de 100 m<sup>2</sup> occupés par 2 adultes + 2 enfants.

> La surface "théorique utile", pour un F4 est de :  
 $27 \times [2 - (2/3 \times 2)] = 90 \text{ m}^2$ .

> Consommation moyenne d'ECS (55 °C) par jour :  
 $1,3 \text{ (litre/jour.m}^2) \times 90 = 117 \text{ (litres/jour)}$ .

> Consommation moyenne d'ECS (55 °C) par semaine :  
 $9,2 \text{ (littres/semaine.m}^2) \times 90 = 828 \text{ (litres/semaine)}$ .

> Consommation moyenne d'ECS (55 °C) par an :  
 $478 \text{ (littres/an.m}^2) \times 90 = 43\,020 \text{ (littres/an)}$ .

> La consommation minimale d'énergie pour la seule production d'ECS (hors rendement du système de production) sera de :  $26 \text{ kW} \times 90 = 2250 \text{ kW/an}$ .

> Si le rendement global de la production d'ECS est de 0,89 (chauffe-eau situé en volume habitable et pièces desservies contiguës) avec un prix du kWh EDF heures creuses de 0,1 euro TTC, le coût annuel de la production d'ECS pour ce F4 sera de

$$2250 \times 0,1 / 0,89 = 253 \text{ euros/an, TTC.}$$

#### 4. Exemple de détermination d'une installation solaire pour un camping

> Camping 4 étoiles, 60 emplacements.

> Équipement : 4 douches, 8 lavabos, 2 bacs éviers, soit 4 robinets pour la vaisselle.

> Eau de ville à 15 °C. ECS utilisée à 55 °C. Tous les équipements peuvent être utilisés simultanément pendant toute la pointe du soir.

##### a) Taux d'occupation et consommation annuelle

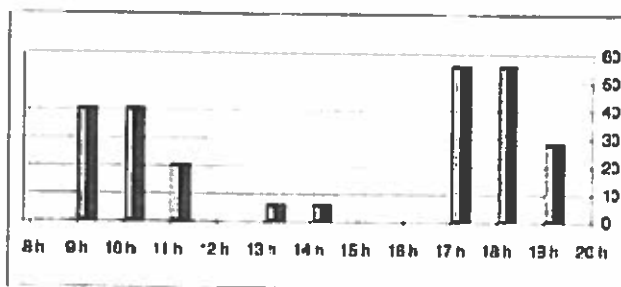
La consommation "Q/J ECS" sera de 65 litres/jour/emplacement (voir page 28).

Soit, pour les 60 emplacements :  $65 \times 60 = 3\,900 \text{ litres /jour}$ .

55 % de ces 3900 litres sont consommés pendant la pointe du soir.

Mois	M	A	M	J	J	A	S	O
Occupation	0	50 %	80 %	100 %	100 %	100 %	80 %	0
Consommation ECS l/jour	0	1950	3120	3900	3900	3900	3120	0
Consommation pointe du soir, litres	0	1072	1716	2145	2145	2145	1716	0

##### b) Répartition de la consommation chaque jour (40 % le matin, 5 % le midi, 55 % le soir)



La pointe maxi journalière est entre 17 et 18 heures 30 min. Pendant cette pointe de 2,5 heures, sont consommés 2 145 litres d' ECS à 55 °C. La période sans puisage précédant cette pointe, est de 2 heures.

c) Surface de capteurs à prévoir.

L'ensoleillement est entre 9 et 17 heures. Il faut accumuler la pointe du soir (55 % de Q/J) et la moitié de la pointe du matin (20 % de Q/J), soit  $3900 \times 0,75 = 2\,925 \text{ litres maxi}$ .

Sont retenus : 1 réservoir tampon de 2500 litres et 50 m<sup>2</sup> de panneaux solaires.

d) Appoint/secours nécessaire : le préparateur en débit instantané + sa réserve doivent couvrir la pointe de 2 heures du soir. Sa puissance doit permettre la mise en température de sa réserve en un temps inférieur à la période sans puisage. D'où :

$$[P \text{ (kW)} \times 860 \times T \text{ pointe} / (55 - 15)] - \text{réserve} = Q \text{ J} \times 0,55$$

Si réserve = 750 litres :

$$[P \text{ (kW)} \times 860 \times 2,5 / 40] - 750 = 3900 \times 0,55,$$

et P (kW) = **25,95 kW**.

Temps de remise en température de la réserve :

$$750 \times 40 / 860 \times 25,95 = 1,34 \text{ heure, temps inférieur aux 2 heures sans puisage.}$$

Conclusion : Appoint par 1 préparateur "gaz propane" de 750 litres / 26 kW min.

Nota : pendant les 6 mois d'arrêt de l'installation, tous les réservoirs seront vidangés pour éviter l'eau dormante et le développement de bactéries dans les réservoirs et dans les tuyauteries.

#### 5. Exemple de détermination d'un préparateur d'ECS, avec accumulation sur le primaire, pour une clinique

##### a) Données récupérées pour effectuer la détermination

Puissance de pointe : 140 kW  
 Consommation journalière (relevé) : 8360 litres par jour  
 Nombre de lits : 88 patients

##### b) Données de base utilisées pour le secteur hospitalier

Nombre de litres journaliers par patient : 95 litres (75 litres ECS et 20 litres par repas)  
 Consommation journalière pour 88 lits : 8 360 litres par jour

Ratio de consommation période de pointe : 78 %

Durée de la pointe de consommation : 3 heures

Consommation pendant la période de pointe : 6520 litres

Ratio de consommation pendant la pointe :

38 % de la période de pointe

Simultanéité de consommation pour 88 lits : 0,45

Consommation pendant les 10 min de pointe :

$6520 \times 38 \% \times 0,45 = 1\,115$  litres en 10 minutes

Histogramme de consommation :

Consommation pendant les 10 min de pointe : 1 115 litres

Consommation pendant les 50 min suivantes :

$(6\,520 - 1\,115) / (3,00 - 0,17) \times 50/60 = 1\,591$  litres

Consommation pendant la première heure de pointe :

$1\,115 + 1\,591 = 2\,706$  litres

Consommation pendant l'heure suivante :

$(6\,520 - 1\,115) / (3,00 - 0,17) = 1\,909$  litres

Donc le producteur choisi doit impérativement respecter :

- la consommation de pointe de 1 115 litres sur 10 minutes
- la consommation de la première heure de 2 706 litres
- la consommation de l'heure suivante : 1 909 litres.

### c) Détermination des différentes production ECS classiques possibles

En fonction des différents types de fonctionnement, nous trouvons :

#### Version production instantanée

La contrainte la plus importante est 1 115 litres en 10 minutes, soit un débit horaire de 6 690 l/h.

D'où une puissance instantanée de  $(6\,690 \times 45) / 860 = 350$  kW.

#### Version production semi-instantanée avec 500 litres

Les conditions de fonctionnement avec 500 litres donnent une puissance de 246 kW.

Les 10 premières minutes, le producteur peut produire 1 283 litres pour 1 115 litres de besoins.

Les 50 minutes suivantes, le producteur peut produire 4 085 litres pour 2 706 litres de besoins.

L'heure suivante, le producteur peut produire 5 450 litres pour 1 909 litres de besoins.

#### Version production semi-instantanée avec 750 litres

Les conditions de fonctionnement avec 750 litres donnent une puissance de 192 kW.

Les 10 premières minutes, le producteur peut produire 1 439 litres pour 1 115 litres de besoins.

Les 50 minutes suivantes, le producteur peut produire 3 285 litres pour 2 706 litres de besoins.

L'heure suivante, le producteur peut produire 4 248 litres pour 1 909 litres de besoins.

#### Version production semi-instantanée avec 1 000 litres

Les conditions de fonctionnement avec 1 000 litres donnent une puissance de 138 kW.

Les 10 premières minutes, le producteur peut produire 1 439 litres pour 1 115 litres de besoins.

Les 50 minutes suivantes, le producteur peut produire 2 810 litres pour 2 706 litres de besoins.

L'heure suivante, le producteur peut produire 2 741 litres pour 1 909 litres de besoins.

L'ensemble des développements ci-dessus s'applique à la détermination d'une production ECS en production classique avec si nécessaire, un stockage d'ECS sur le secondaire. Raisonnement à partir des débits consommés.

### 6. Détermination d'une solution avec accumulation sur le primaire (réf. Calculs Vitherm "PRIM-ECS")

Dans ce cas le calcul est similaire, mais en raisonnant sur la puissance stockée et non plus sur une capacité stockée.

**Hypothèse : déterminer cette production "Accu sur le primaire" avec un ballon de 1 000 l.**

Le raisonnement est le suivant :

En "Accu sur le primaire", la production directe ECS est toujours en instantanée. Soit un besoin de :

**Puissance instantanée = 350 kW**

Si le préparateur est correctement déterminé, il sera capable de produire :

La consommation de pointe de : 1 115 litres sur 10 minutes.

La consommation de la première heure de : 2 706 litres.

La consommation de l'heure suivante : 1 909 litres.

La consommation journalière de : 8 360 litres.

Avec un primaire à 85 °C, l'échangeur à plaques sera déterminé avec :

Q primaire : 6,50 m³/h

Température entrée primaire : 85 °C

Température retour primaire : 37,30 °C.

Donc, dans le ballon de 1 000 litres, il faudra stocker la puissance disponible sous un "Delta" de température de 47,7 °C (85 - 37,3)

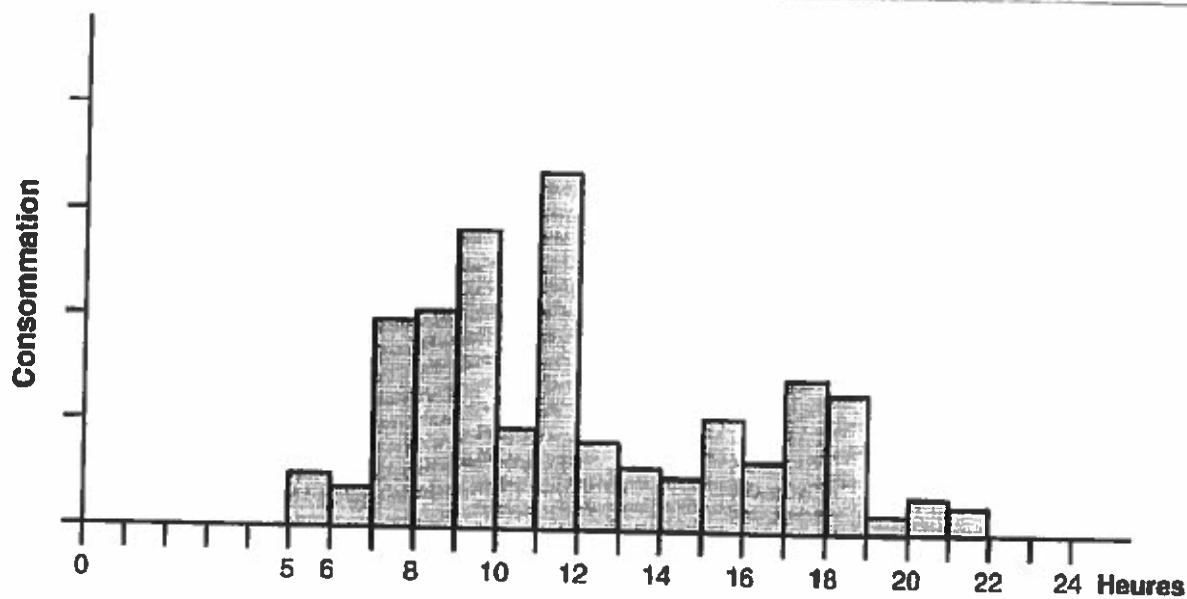
Il faut connaître qu'elle est la puissance disponible sur la chaudière pour pouvoir respecter la production ci-dessus.

Pour produire la consommation de pointe de 1 115 litres à 55 °C en 10 minutes, nous avons besoin de 350 kW. Nous supposons disposer d'un "préparateur avec accu sur le primaire" de 138 kW.

Dans ce cas, pendant les 10 min de pointe, il faudra fournir une production de 1 115 litres à 55 °C soit une puissance moyenne de 350 kW. L'accumulation sur le primaire fournissant 138 kW, pendant la même période le ballon devra fournir 212 kW, ce qui correspond à l'utilisation de 814 litres sur les 1 000 litres disponibles, il restera donc 186 litres ( $814 \text{ litres} = 212 \text{ kW} \times 860 / 37,30 \text{ °C} / 6$ ).

Pendant les 50 minutes suivantes, il faudra produire 1 591 litres à 55 °C, soit une puissance moyenne pendant 50 minutes de 99 kW. L'accumulation sur le primaire fournissant 138 kW, fournira donc la totalité du besoin et rechargera le ballon avec les 39 kW non utilisés par le préparateur.

Les 39 kW pendant 50 minutes permettront de "regonfler" le ballon primaire de :



Histogramme journalier d'une clinique

Doc. VITHIRAG

$39 \times 860 / 37,3 \times 50 / 60 = 749$  litres

alors que le ballon ne manquait que de 814 litres.

À la fin de la première heure de pointe, le ballon de 1 000 l disposera de 935 litres.

L'heure suivante nous devons fournir 1 909 litres à 55 °C, soit fournir une puissance moyenne pendant une heure de 100 kW.

Tout sera fourni par l'accumulation sur le primaire et le ballon finira de se remplir et sera plein à la fin de la seconde heure de pointe.

Nous en déduisons qu'un préparateur de 138 kW est trop important.

Par itération nous allons approcher la bonne puissance.

**Nous installerons une accumulation sur le primaire de 120 kW.**

Dans ce cas, pendant les 10 min de pointe, il faudra fournir 1 115 litres à 55 °C, soit une puissance moyenne de 350 kW. L'accumulation sur le primaire fournissant 120 kW, pendant la même période le ballon devra fournir 230 kW, ce qui corres-

pond à l'utilisation de 883 litres sur les 1 000 litres disponibles. Il restera donc 117 litres disponibles ( $883 \text{ litres} = 250 \text{ kW} \times 860 / 37,30^\circ\text{C} / 60$ )

Pendant les 50 minutes suivantes il faudra produire 1 591 litres à 55 °C, soit une puissance moyenne pendant 50 minutes de 99 kW. L'accumulation sur le primaire fournissant 120 kW, il fournira la totalité du besoin et rechargera le ballon avec les 21 kW non utilisés par le préparateur.

Les 21 kW pendant 50 minutes permettront de "regonfler" le ballon primaire de :

$21 \times 860 / 37,3 \times 50 / 60 = 403$  litres

qui se rajoutent aux 117 restant, soit 520 litres disponibles.

L'heure suivante, nous devons fournir 1 909 litres à 55 °C, soit une puissance moyenne pendant une heure de 100 kW.

Tout sera fourni par l'accumulation sur le primaire et le ballon pourra disposer encore de 20 kW pour se recharger. En une heure, il aura la capacité de récupérer 461 litres qui compléteront les 520 litres disponibles pour obtenir finalement 981 litres.

Le ballon finira de se remplir durant la dernière heure de pointe, pour attendre une éventuelle autre pointe dans la journée. ■

<p>Référence chantier : Hôtel aéroport - 50 chambres 3*** sans restauration.</p> <p>Date :</p> <p>Rédacteur :</p> <p>Observations : Hôtel ouvert 24h/24. Chauffage gaz naturel existante de puissance P = 300 kW.</p> <p>Type installation : modulaire.</p>		
Document de référence	Désignation	Installation à réaliser
Ch. 2 § 3 Ch. 3 tableau 2 Ch. 2 § 4 et 5 Ch. 2 § 3	Température de l'ECS en °C ▷ Production ..... ▷ Distribution ..... Besoins d'ECS : Nombre de modules ECS ..... <b>Qm x N x K (litres)</b> .....	55 °C 55 °C 50 50 x 120 x 1,33 = 7980 litres / jour
Ch. 2 § 7 et 8 Ch. 2 § 6 et 8 Ch. 1 tableau 8 Ch. 4 § 5.2 et 5.3	Durée tranche consommation maxi (T heures) Coefficient de simultanéité S ..... Consommation pendant la pointe des 10 minutes ..... Soit : ▷ débit litres / heure ..... ▷ DN départ ECS .....	T (heures) = 1,98 S = 0,47 0,39 x 7980 x 0,47 = 1463 litres / 10 min 1463 x 6 = 8776 litres / heure 65 mm
Ch. 3 § 1.2 et 5.2 et figures 19-20 Ch. 3 § 7.6	<b>Puissance préparateur Instantané</b> P.I (kW) .....	0,122 x 7980 x 0,47 = 458 kW

Figure 1.



Ch. 3 § 2.2 et figures 19-20 Ch. 3 § 7.6	<p><b>Préparateur semi-instantané</b> P.SI mini (kW) .....</p> <p>Ca.SI maxi .....</p> <p>Si P.SI (kW) retenu .....</p> <p>Calcul de Ca.SI (litres) .....</p>	$\frac{0,0523 \times 7980 \times [0,78 - (0,39 \times 0,47)]}{(1,98 - 0,166)} = 137 \text{ kW}$ $\frac{0,39 \times 7980 \times [(0,47 \times 1,98) - 0,3401]}{(1,98 - 0,166)} = 1013 \text{ litres}$ <p><math>0,36 \times [(0,39 \times 7980 \times 0,47) - 750] = 257 \text{ kW}</math>, (puissance compatible avec la chaudière de 300 kW)</p> <p>750 litres (ballon standard, de faible encombrement)</p>
Ch. 3 § 3.2 et figures 19-20	<p><b>Préparateur semi-accumulation</b> Ca.SA mini = Ca.SI maxi .....</p> <p>Ca.SA maxi .....</p> <p>PSA mini .....</p> <p>Si Ca.SA (litres) retenu .....</p> <p>Calcul de P.SA (kW) .....</p>	<p><b>1013 litres</b> <math>0,63 \times 7980 = 5027</math>, soit 5000 litres</p> <p><math>0,00785 \times 7980 / 1,98 = 31,6 \text{ kW}</math> + recyclage</p> <p><b>2500 litres</b> <math>0,0523 \times [(0,78 \times 7980) - 2500] / 1,98 = 98,4 \text{ kW}</math> + recyclage</p>
Ch. 3 § 4.2 et figures 19-20 Ch. 3 § 7.7	<p><b>Préparateur accumulation</b> Ca.A mini = Ca.SA maxi / Ca.A maxi .....</p> <p>Si Ca.A (litres) retenu .....</p> <p>Calcul de P.A (kW) .....</p>	<p>Electricité heures creuses</p> <p>Ca.A mini = 5027 litres - Ca.A maxi = 7990 litres</p> <p><b>7980 litres</b> <math>0,0523 \times 7980 / 8 = 52 \text{ kW}</math> + recyclage</p>
Ch. 3 § 2.4	<p>Si préparateur semi-accumulation Q pompe de charge Q maxi pompe boucle (2/3 pompe de charge)</p>	<p><math>257 \times 860 / 45 = 4911 \text{ litres / heure}</math> <math>4911 \times 2/3 = 3274 \text{ litres / heure}</math></p>
Ch. 4 § 6 Ch. 4 § 5	<p><b>Boucle</b> Débit (l/h) .....</p> <p><math>\Delta t</math> .....</p> <p>Puissance (kW) .....</p> <p>DN boucle .....</p>	<p><math>30 \times 50 = 3000 \text{ litres / heure}</math> (cohérent avec le débit Q maxi de la pompe de boucle) 5 °C</p> <p><math>3000 \times 5 / 860 = 17,5 \text{ kW}</math> 40 mm</p>

Figure 1 suite.

Référence chantier : Restaurant universitaire de 2 services de 2500 repas (midi et soir).

Date :

Rédacteur :

Observations : Cuisine à alimenter en eau à 60 °C : K4 = 0,93 Machines à alimenter en eau à 70 °C : K4 = 0,75  
Sols à nettoyer : 300 m²  
Pointes : 120 min  
Temps disponible entre deux puisages : 6 heures

Document de référence	Désignation	Installation à réaliser
Ch. 3 tableau 2	<p>Température de l'ECS en °C</p> <p>▷ Production .....</p> <p>▷ Distribution .....</p> <p>Besoins d'ECS : .....</p>	<p>a) Cuisine = 60 °C (K4 = 0,93) - b) Machines = 70 °C (K4 = 0,75)</p> <p>a) Cuisine = 60 °C - b) Machines = 70 °C</p> <p>a) Cuisine (5 litres par repas) 5 x 2500 x 0,93 = 11625 l / service (Ces besoins sont répartis en x points de puisage de 12 l/min chacun) Sol : 0,1 x 300 x 0,93 = 28 l / service <b>Total = 11653 l / service / 2 h, eau à 60 °C</b></p> <p>b) Machines (4 litres par repas) 4 x 2500 x 0,75 = 7500 l / service 2 h. Eau à 70 °C</p> <p>a) = 23306 litres / jour à 60 °C b) = 15000 litres / jour à 70 °C</p>
Ch. 2 § 4 et 5	<b>Qm x N x K (litres)</b>	
Ch. 2 § 7 et 8 Ch. 2 § 6 et 8 Ch. 1, tableau 8	<p>Durée tranche consommation maxi</p> <p>Coefficient de simultanéités</p> <p>Consommation pendant les 10 min de pointe maxi</p> <p>Soit</p> <p>▷ débit (litres / heure)</p>	<p>T (heures) = 2 - Consommation continue S = 1</p> <p>a) <math>\frac{11653}{2} = 5826 \text{ l/h à } 60 \text{ °C}</math></p> <p>b) <math>\frac{7500}{2} = 3750 \text{ l/h à } 70 \text{ °C}</math></p> <p>a) DN 50 b) DN 40</p>
Ch. 4 § 5.2 et 5.3	▷ DN départ ECS	
Ch. 3 § 2.2 et figures 19-20 Ch. 3 § 7.5	<b>Préparateur Instantané (P.I.)</b>  P.I. (kW)	<p>a) 5826 x (60 - 10) / 860 = 339 kW</p> <p>b) 3750 x (70 - 10) / 860 = 261,6 kW</p>

Ch. 3 § 2.2 et figures 19-20 Ch. 3 § 7.6	Préparateur semi-instantané (SI)	<p>1) Puissances mini du préparateur SI (Réf. : chapitre 3 § 7.6) :</p> <p>a) Cuisine :</p> $P.SI\ mini\ (kW) = (11653 - Ca.SI) \times \frac{(60 - 10)}{860} \times \frac{60}{120} \text{ et } PSI = Ca.SI \times \frac{60 - 10}{860}$ <p>d'où <math>(11653 - Ca.SI) \times 3 = Ca.SI</math> et <math>Ca.SI = 8740</math> litres maxi et <math>P.SI\ mini = 85\ kW</math></p> <p>b) Machines :</p> $P.SI\ mini\ (kW) = (7500 - Ca.SI) \times \frac{70 - 10}{860} \times \frac{60}{120} \text{ et } PSI = Ca.SI \times \frac{70 - 10}{860}$ <p>d'où <math>(7500 - Ca.SI) \times 3 = Ca.SI</math> et <math>Ca.SI = 5625</math> litres maxi d'où <math>P.SI\ mini = 64,5\ kW</math></p> <p>2) Préparateurs semi-instantanés choisis (Réf. : chapitre 3 § 7.6) :</p> <p>a) Cuisine</p> <p>Deux préparateurs de 140 kW sont imposés pour réduire la capacité <math>Ca.SI</math> d'où : <math>280\ (kW) = (11653 - Ca.SI) \times \frac{60 - 10}{860} \times \frac{60}{120}</math> <math>(11653 - Ca.SI) \times 0,029 = 280</math> <math>11653 - Ca.SI = 9655</math> et <math>Ca.SI = 1998</math> litres Préparateurs SI sélectionnés : 2 appareils de 140 kW/1000 litres unitaires</p> <p>b) Machines :</p> <p>Deux préparateurs de 100 kW sont imposés pour réduire la capacité <math>Ca.SI</math> d'où <math>200\ (kW) = (7500 - Ca.SI) \times \frac{70 - 10}{860} \times \frac{60}{120}</math> <math>200 = (7500 - Ca.SI) \times 0,035</math> <math>7500 - Ca.SI = 5714</math> et <math>Ca.SI = 1786</math> litres Préparateurs SI sélectionnés : 2 appareils de 100 kW/1000 litres unitaires</p>
Ch. 3 § 3.2 et figures 19-20	Préparateur semi-accumulation Ca.SA mini = Ca.SI maxi Ca.SA maxi P.SA mini Si Ca.SA (litres) retenu : Calcul de P.SA (kW) Si P.SA (kW) retenu : Calcul de Ca.SA (litres)	Néant
Ch. 3 § 4.2 et figures 19-20 Ch. 3 § 7.7	Préparateur accumulation Ca.A mini = Ca.SA maxi / Ca.A maxi Si Ca.A (litres) retenu : Calcul de P.A (kW) Si P.A (kW) retenu : Calcul de Ca.A (litres)	Néant

Figure 2 suite.