

**ThermExcel**

**Programme ECSTHERM  
Version 2014**

**Dimensionnement de la production  
Eau Chaude Sanitaire (ECS)**

Jean Yves MESSE – THERMEXCEL

Copyright © 2004 - 2014 – ThermExcel - All Rights Reserved

## 1 - Programme de calcul EcsTherm

Le programme de calcul EcsTherm permet de dimensionner très rapidement une installation de production d'eau chaude sanitaire pour différents types d'applications.

Le programme est constitué de 2 feuilles de calcul, à savoir :

- Une feuille de calcul pour les habitats collectifs,
- Une feuille de calcul dans les secteurs tertiaires et collectivités (hôtels, foyers, maisons de retraites, restaurants, campings, écoles, internats, casernes, gymnases, équipements sportifs, etc.,

Chaque feuille de calcul permet à la fois :

- d'effectuer le bilan des débits équivalents ECS des différents équipements sanitaires en sur l'installation sanitaire.,
- de calculer le débit probable de l'ensemble de l'installation ECS,
- de prédimensionner le diamètre du réseau de distribution ECS ainsi que le retour de boucle au niveau de la production ECS,
- de dimensionner un système de production ECS en instantané avec notamment la puissance thermique à prévoir,
- de dimensionner un système de production ECS en semi-instantané avec la possibilité de proposer une capacité de stockage et donc la puissance thermique qui en résulte et idem en semi-accumulation
- de dimensionner un système de production ECS en accumulation avec un temps de réchauffage au choix.

En complément le programme dispose de différentes feuilles de travail permettant de constituer un dossier de pré-étude très rapidement avec schémas hydrauliques ainsi que le pré-dimensionnement des diamètres de liaisons des réseaux hydrauliques selon chaque schéma type de production ECS.

## DIMENSIONNEMENT PRODUCTION EAU CHAUDE SANITAIRE HABITATS COLLECTIFS

**Base de données**

Température de départ distribution ECS: **60°C**

Distribution ECS à 60°C (Perte distribution évaluée à : 5°C)

Correction de simultanéité ou limite sur le débit probables

Coefficient correcteur (Hôtel = 1,25, Cuisine = 1,5 ou 2, etc.): **1**

Coefficient de simultanéité minimum (écoles, internats, stades, etc.): **1**

---

**EQUIPEMENTS SANITAIRES ALIMENTES EN ECS**

Désignations Appareils	Température		Débits de base Qdtu (l/s)	ΣNb x robinet	Σ débits Qecs
	EF (°C)	EC (°C)			
Lavabo et vasque	10 °C	40 °C	0,20 l/s	100	13,33l/s
Bidet	10 °C	40 °C	0,20 l/s	---	---
Lave bassins	10 °C	55 °C	0,33 l/s	---	---
Baignoire	10 °C	55 °C	0,33 l/s	100	33,00l/s
Douche	10 °C	40 °C	0,20 l/s	---	---
Evier	10 °C	55 °C	0,20 l/s	100	20,00l/s
Kitchenette	10 °C	55 °C	0,20 l/s	---	---
Vidoir mural	10 °C	55 °C	0,20 l/s	---	---
Postes d'eau	10 °C	55 °C	0,20 l/s	---	---
Paillasse humide	10 °C	55 °C	0,20 l/s	---	---
Poste de lavage	10 °C	55 °C	0,33 l/s	---	---
Attentes diverses	10 °C	55 °C	0,20 l/s	1	0,20l/s
<b>TOTAL</b>				<b>301</b>	<b>66,53</b>

**CALCULS HYDRAULIQUES**

**Calculs des débits ECS des équipements sanitaires**

Qecs: Débit équivalent équipement sanitaire à 55°C

Qdtu: Débit de base ECS (DTU 6011)

$$Q_{ecs} = Q_{dtu} \cdot \frac{T_m - T_f}{T_d - T_f}$$

Tm: Température ECS aux points de puisage: **10 °C**

Tf: Température de l'eau froide sanitaire: **55 °C**

Td: Température ECS distribuée en fin de réseaux

**Données hydrauliques installation ECS**

ΣQecs: Σ des débits équivalents ECS à 55°C: **66,53 l/s**

y: Coefficient de simultanéité installation: **0,046**

Q60: Débit probable sur l'ensemble de l'installation: **3,07 l/s**

V: Vitesse admise comme silencieuse départ ECS: **1,09 m/s**

di: Diamètre intérieur théorique: **59,9 mm**

**Prédimensionnement Ø réseaux ECS + Retour bouclage**

Sélection type réseaux ECS: Réseau cuivre

Réseau	Débit	Ø (di tube)	Vitesse	Pdc
Aller	3,07 l/s	<b>61,6 mm</b>	1,03 m/s	210 mmCE/m
Retour	0,60 l/s	<b>34,0 mm</b>	0,66 m/s	19,0 mmCE/m

---

**Dimensionnement de la production ECS instantanée pure**

Débit instantané eau chaude sanitaire à 60 °C: **3,07 l/s**

Puissance thermique utile sur le débit instantané: **641,7 Kw**

Contenance en eau de l'installation réseaux ECS (Amortissement thermique sur le débit instantané): **300 l**

Puissance thermique de pointe corrigée sur échangeur: **538,6 Kw**

---

**Nbre de logts standards équivalents (N):**

Logt	c	N
Logt F1: (Studios avec lavabo)	0,40	---
Logt F1, F2: (1 ou 2 pièces avec douche)	0,60	---
Logt F2, F3: (2 ou 3 pièces avec SDB)	<b>50 u</b> 1,00	<b>100,0</b>
Logt F4: (4 pièces, SDB (baignoire) ≥ 1,75m)	1,20	---
Logt F4, F5: (4 ou 5 p - SDB + Douche)	1,30	---
Logt F5, F6: (5 ou 6 pièces avec 2 SDB)	1,50	---
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>TOTAL (N) = 100</b>

Foisonnement appart

$$S = \frac{1}{\sqrt{N-1}} + 0,17$$

s = **0,27**

Période puisage en continu

$$T_{hpt} = 5 \cdot \frac{N^{0,905}}{15 + N^{0,92}}$$

Thpt = **3,83 h**

---

**Dimensionnement de la production ECS en instantané (Débit moyen de pointe sur 10 mn)**

Débit instantané eau chaude sanitaire 60°C: **(11063 l/h)**

Coefficient foisonnement des soutirages des logements: **Q60 = 3,07 l/s**

Consommation d'eau horaire de pointe: **S = 0,27**

Consommation d'eau de pointe sur 10 mn: **Qh = 120 x N x S = 3246 l/h**

Puissance thermique sur échangeur à prévoir: **Qp = 50 x N x S = 1353 l/10mn**

**P = 471,9 Kw**

---

**Dimensionnement préparateur ECS en semi instantané (Base de calcul sur la consommation de pointe sur 10 mn)**

Capacité de stockage à prévoir tout au plus (Sans stock): **0 à ≤ 850 L maxi**

Puissance thermique utile de réchauffage (Maxi à mini): **471,9 Kw ≤ à ≥ 184,6 Kw**

Volume du stockage à proposer 850 litres tout au plus: **Cstock = 495**

Coefficient d'efficacité thermique du système: **R = 95 %**

Puissance thermique échangeur utile y/c les pertes réseaux: **P + Pdist = 314,9 Kw**

---

**Dimensionnement préparateur ECS en semi accumulation (Base de calcul sur la consommation horaire de pointe)**

Capacité de stockage à prévoir tout au plus (Mini à maxi): **850 L mini ≥ à ≤ 6000 L maxi**

Puissance thermique utile de réchauffage (Maxi à mini): **184,6 Kw ≤ à ≥ 95,8 Kw**

Temps de réchauffage sur le stock (Thr = 3,8 h à 5 voire plus pour définir le stockage maxi)

Volume du stockage à proposer 8207 litres tout au plus: **Cstock = 6000**

Coefficient d'efficacité thermique du système: **R = 95 %**

Temps de puisage en continu: **Thpt = 3,83 h**

Puissance thermique échangeur (P ≥ 12% besoins jour QJ): **12 %**

**P = 111,6 Kw**

---

**Dimensionnement de la production ECS en accumulation**

Consommation ECS journalière (160 litres / logt standard à 60°C y/c pertes rése): **Qj = 16000**

Température de l'eau de stockage du réservoir: **Tstock = 80 °C**

Coefficient d'efficacité du stockage (Stratification de 80 % à 95%): **Cef = 92 %**

Volume utile de stockage ECS à prévoir: **Vecs = 12422 l**

Temps de réchauffage de l'eau de stockage (normalement en tarif de nuit): **T = 8,00 h**

Coefficient d'efficacité thermique (Perte de chaleur stockage): **R = 95 %**

Puissance thermique utile réchauffage du stockage ECS (Ratio 10,7W/L) - P = **133,1 Kw**

Page : 3 / 48

## DIMENSIONNEMENT PRODUCTION ECS SECTEUR TERTIAIRE & COLLECTIVITES

### Base de données

Température de départ distribution ECS **60°C**  
Distribution ECS à 60°C (Perte distribution (Pdist) évaluée à : 5°C)

Correction de simultanéité ou limite sur le débit probables

Coefficient correcteur (Hôtel = 1,25, Cuisine = 1,5 ou 2, etc.) **1**  
Coefficient de simultanéité minimum (écoles, internats, stades, etc.)

Désignations Appareils	Température		Débits de base Qdtu (Vs)	ΣNb x robinet	Σ débits Qecs I/s
	EF (°C)	EC (°C)			
Lavabo et vasque	10 °C	40 °C	0,20 I/s	100	13,33I/s
Lave bassins	10 °C	55 °C	0,33 I/s	---	---
Baignoire	10 °C	55 °C	0,33 I/s	100	33,00I/s
Douche	10 °C	40 °C	0,20 I/s	---	---
Evier ou Kitchenette	10 °C	55 °C	0,20 I/s	100	20,00I/s
Vidoir hôpital	10 °C	55 °C	0,12 I/s	---	---
Vidoir mural	10 °C	55 °C	0,20 I/s	---	---
Postes d'eau	10 °C	55 °C	0,20 I/s	---	---
Paillasse humide	10 °C	55 °C	0,20 I/s	---	---
	10 °C	55 °C	0,33 I/s	---	---
Attentes diverses	10 °C	55 °C	0,20 I/s	---	---
				<b>300</b>	<b>66,33</b>

### CALCULS HYDRAULIQUES

#### Calculs des débits ECS des équipements sanitaires

Qecs : Débit équivalent équipement sanitaire à 55°C  
Qdtu : Débit de base ECS (DTU 6011)  
Tm : Température ECS aux points de puisage  
Tf : Température de l'eau froide sanitaire  
Tdist : Température ECS distribuée en fin de réseaux

$$Q_{ecs} = Q_{dtu} \cdot \frac{T_m - T_f}{T_d - T_f}$$

**10 °C**

**55 °C**

#### Données hydrauliques installation ECS

Σ des débits équivalents ECS à 55°C **66,33 I/s**  
y : Coefficient de simultanéité installation **0,046**  
Qe0 : Débit probable sur l'ensemble de l'installation **3,07 I/s**  
V : Vitesse admise comme silencieuse départ ECS **1,09 m/s**  
di : Diamètre intérieur théorique **59,9 mm**

#### Prédimensionnement Ø réseaux ECS + Retour bouclage

Sélection type réseaux ECS : Réseau cuivre

Réseau	Débit	Ø (di tube)	Vitesse	Pdc
Aller	3,07 I/s	<b>61,6 mm</b>	1,03 m/s	20,9 mmCE/m
Retour	0,60 I/s	<b>34,0 mm</b>	0,66 m/s	19,0 mmCE/m

### Dimensionnement de la production ECS instantanée pure

Débit instantané eau chaude sanitaire à 60 °C **(11048 I/h)** Q60 := **3,07 I/s**  
Puissance thermique utile sur le débit instantané P = **642,4 Kw**  
Contenance en eau de l'installation réseaux ECS (Amortissement thermique sur le débit instantané) **300 l**  
Puissance thermique de pointe P inst = **537,8 Kw**

### Evaluation des besoins ECS selon le type d'activité et des profils d'utilisation de puisage

Type d'activité	Estimations ou Ratios (55°C)	L/u/55°C	Q	Qj = ΣU x Qj	Puisage période de pointe (tp)	Profil puisage 10 mn
- Restaurant (repas ordinaire)	5 à 8 litres/jour/repas	7 I/J			50 %	2,0 h
- Restaurant (repas de luxe)	12 à 20 litres/jour/repas	16 I/J			60 %	2,0 h
- Restaurant (Petit déjeuner)	2 à 6 litres/Petit déjeuner	4 I/J			60 %	1,0 h
- Cantine/Cuisine à liaison froide	3 litres/jour/repas	3 I/J			60 %	1,0 h
- Buanderie	5 à 7 litres/kilo de linge	6 I/J			60 %	1,0 h
- Hôtel 1* (Douche)	70 litres/jour/chambre	75 I/J			50 %	2,0 h
- Hôtel 2 ou 3* (Bain)	100-140 litres/jour/chambre	125 I/J	128 u	16000 I/J	50 %	8000
- Hôtel 4 ou 5* (Bain + douche)	160 à 200 litres/jour/chambre	165 I/J			50 %	2,0 h
- Camping 4*	Sanitaire collectif + lavage vaisselle	60 I/J				
- Foyers (chambres individuelles)	60 litres/jour/chambre	60 I/J			40 %	2,0 h
- Maison de retraite	Chambre / SDB (Hors buanderie)	40 I/J			40 %	2,0 h
- Maison de retraite	Repas (Hors buanderie)	10 I/J			60 %	1,0 h
- Ecole	5 litres/jour/élève (Hors internat)	5 I/J				
- Internat ou Caserne	Hors restauration et buanderie	30 I/J			40 %	2,0 h
- Gymnases	30 litres/utilisateur	30 I/J			25 %	1,0 h
- Stades Football & Rugby	50 litres/utilisateur	50 I/J			25 %	1,0 h
- Piscines couvertes y/c douche	60 à 80 par jour et visiteur	70 I/J			25 %	1,0 h
- Immeubles de bureaux	5 à 8 I/jour/pers (Hors restaurant)	8 I/J				
TOTAL =		128		16000 I/J	8000 L	1,2 h

### Dimensionnement de la production ECS en Semi-instantané ou Semi-accumulation

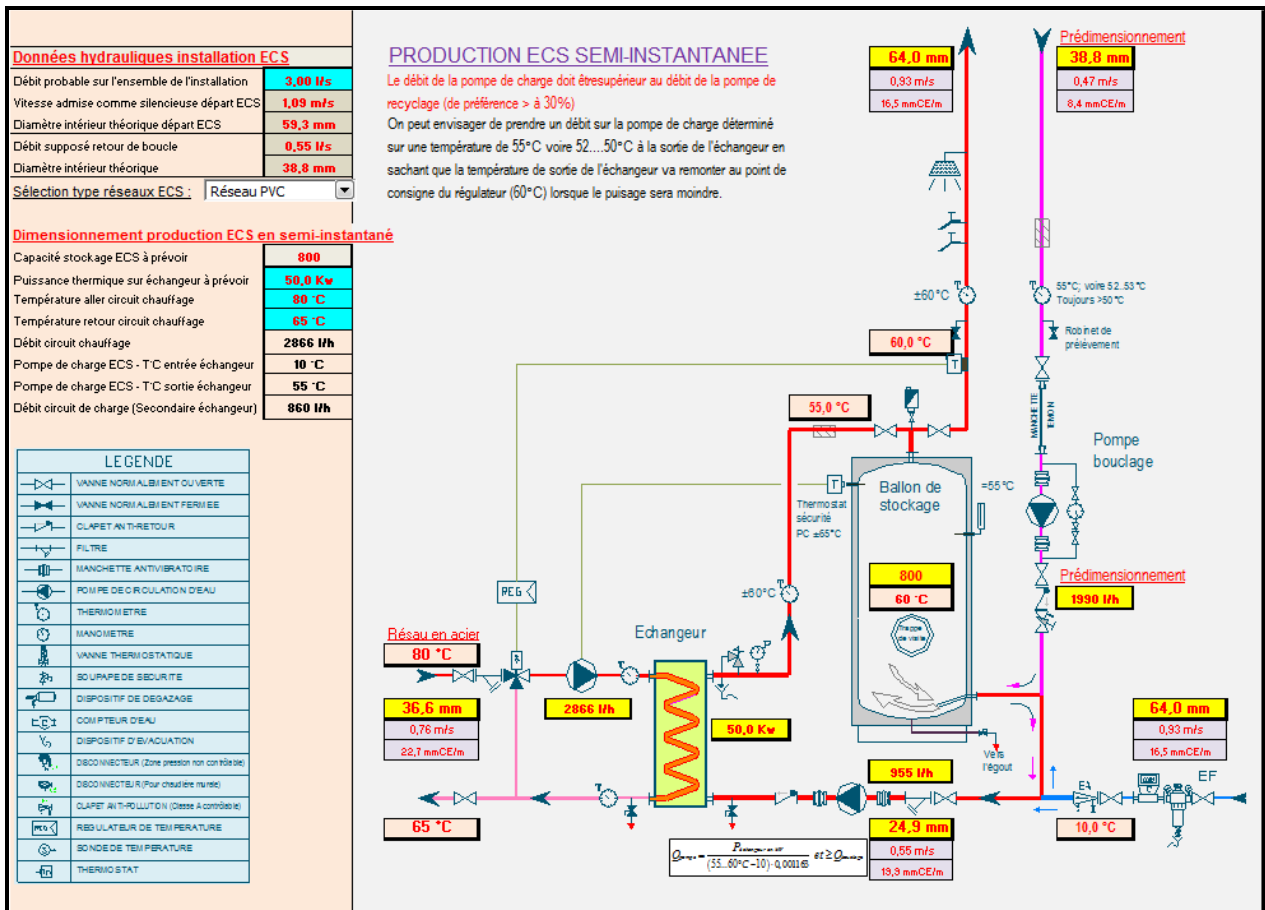
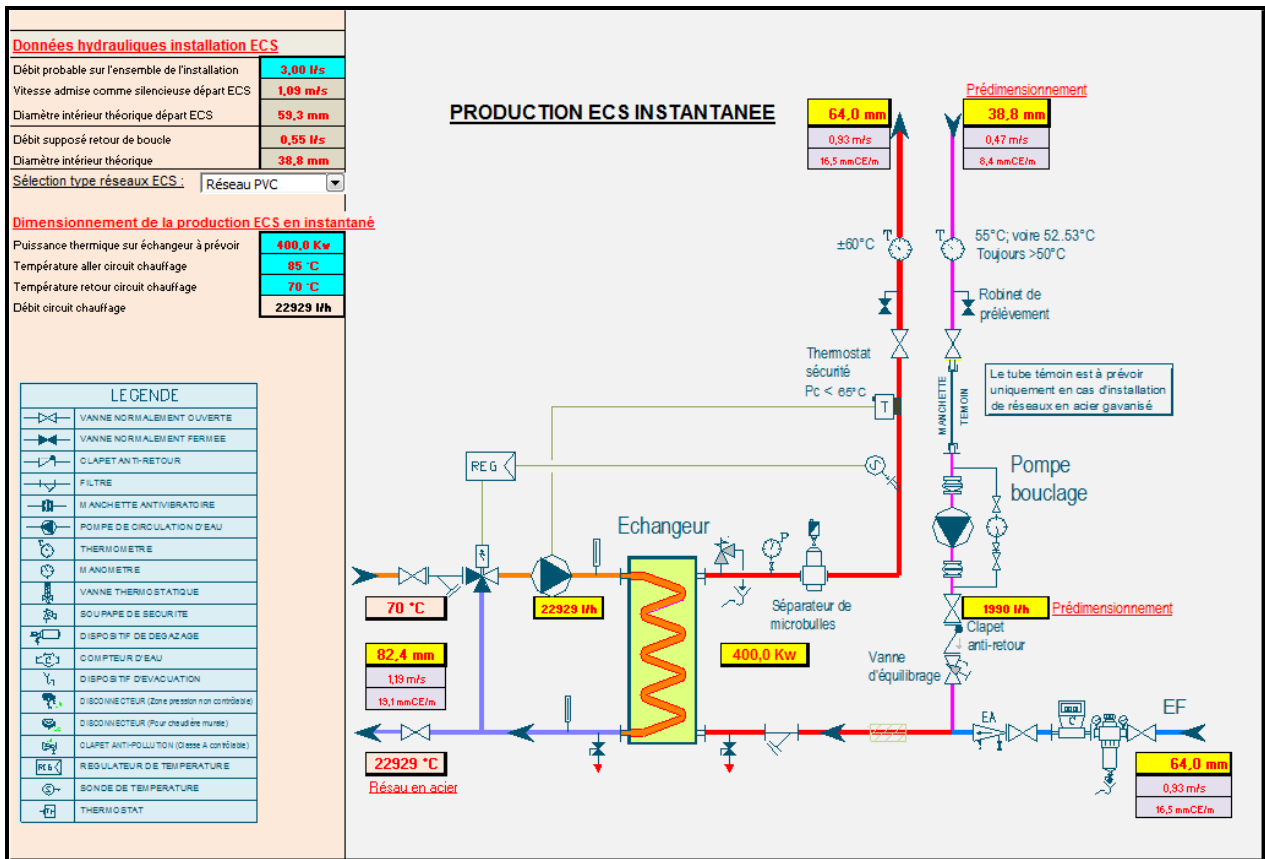
Consommations journalière d'ECS à 55°C + 5°C pertes réseaux, soit à 60°C Qj = **16000 I/J**  
Consommation de pointe sur 10 mn(ECS) à 55°C + 5°C réseaux, soit à 60°C Vhpt = **8000 L**  
Consommation d'eau horaire de pointe la plus contraignante (Qh : 4000 I/h) tp = **2,00 h**  
Temps de puisage pendant la période de pointe tr = **1,00 h**  
Temps de réchauffage du réservoir de stockage après puisage R = **90 %**  
Coefficient d'efficacité du stockage d'énergie (Stratification de 80 % à 95%) Tstock = **60 °C**  
Température de stockage ECS dans le réservoir Cstock = **3013 l**  
Volume de stockage d'eau (V) P = **157,7 Kw**  
Puissance thermique échangeur (P ≥ 12% besoins jour Qj) **12 %**

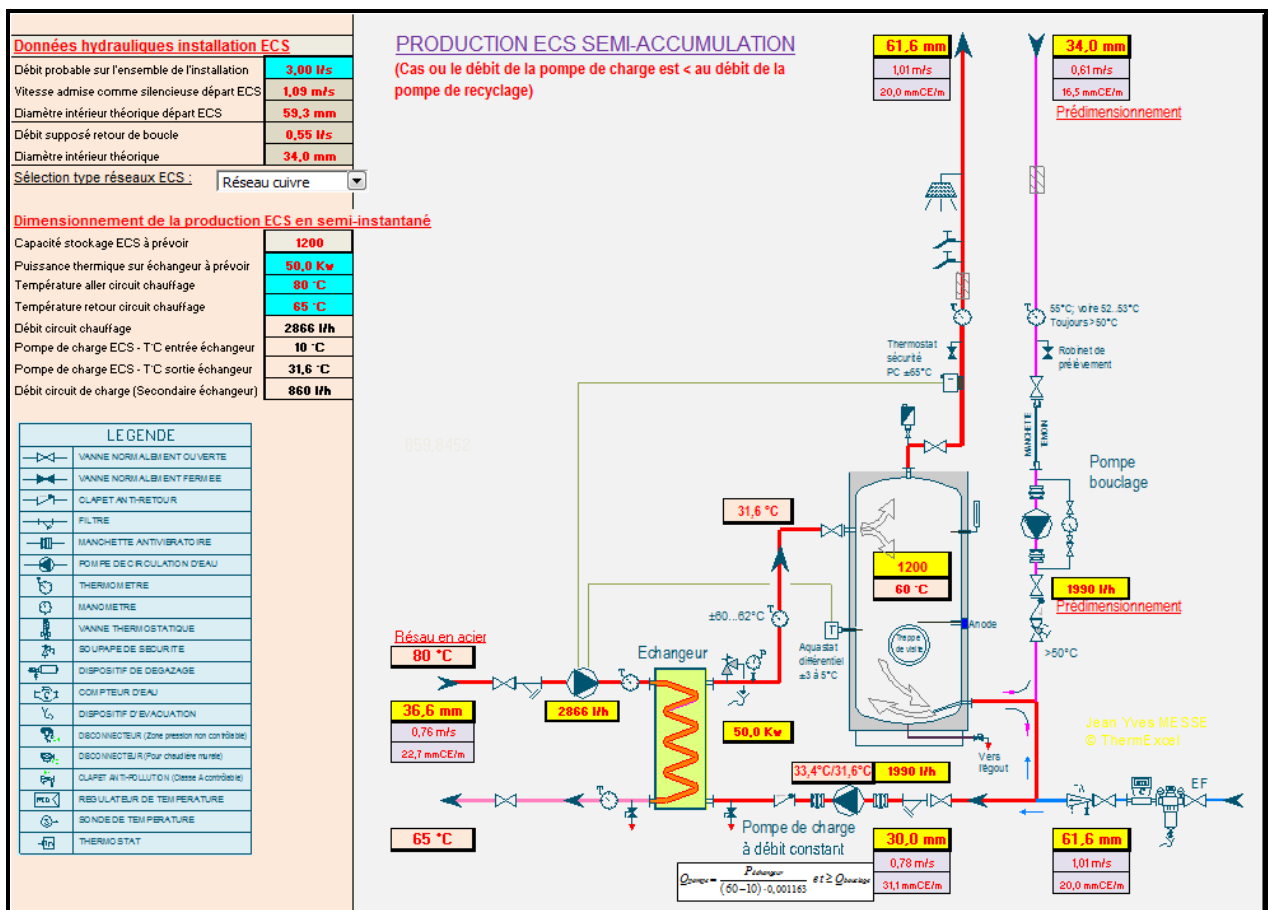
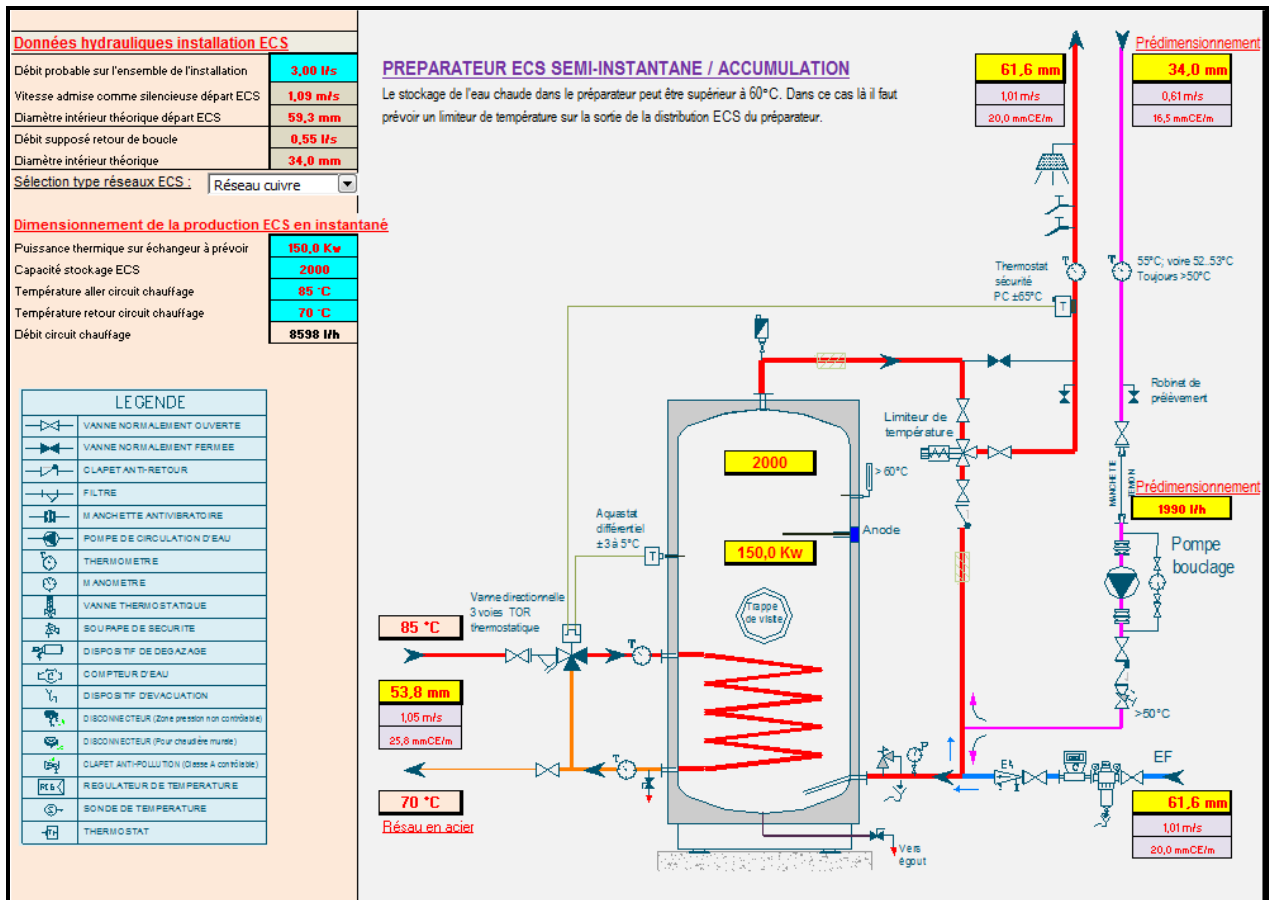
### Dimensionnement de la production ECS en accumulation

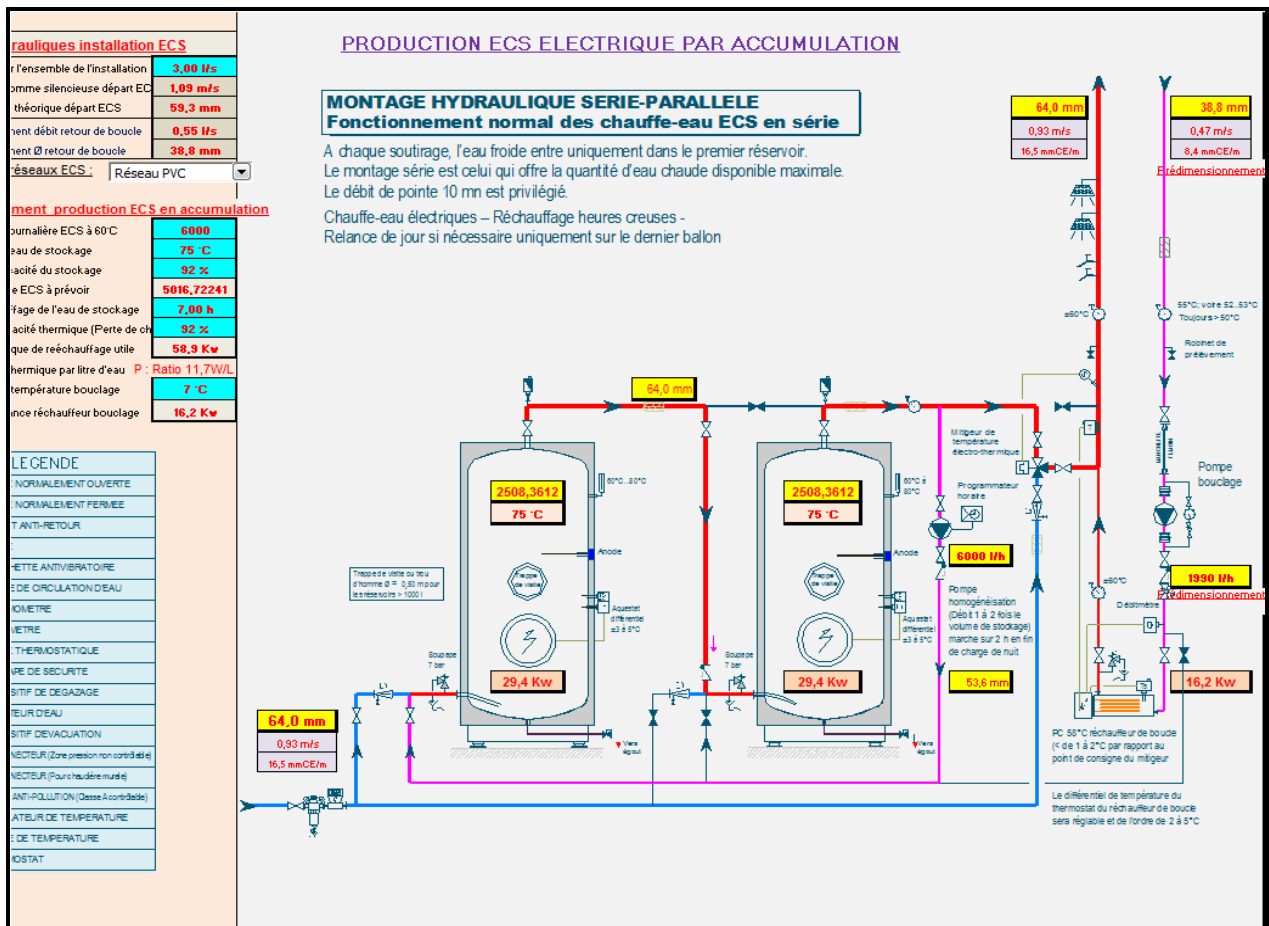
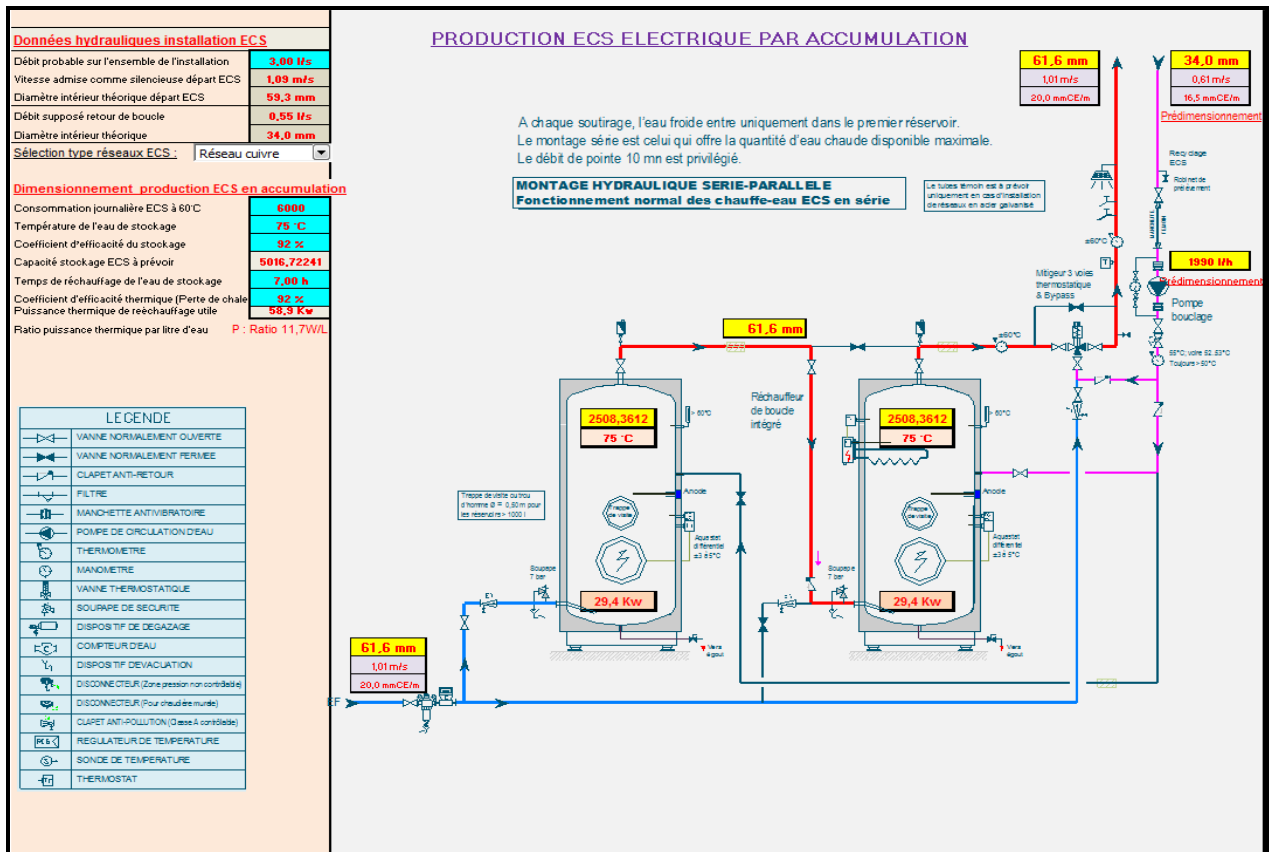
Consommations journalière d'ECS à 55°C + 5°C pertes réseaux, soit à 60°C Qj = **16000 I/J**  
Température de l'eau de stockage du réservoir Tstock = **80 °C**  
Coefficient d'efficacité du stockage (Stratification de 80 % à 95%) Cef = **92 %**  
Volume utile de stockage ECS à prévoir Vecs = **12422 l**  
Temps de réchauffage de l'eau de stockage (normalement en tarif de nuit) T = **8,00 h**  
Coefficient d'efficacité thermique (Perte de chaleur stockage) R = **95 %**  
Puissance thermique utile de réchauffage du stockage ECS Ratio 10,7W/L - P = **133,1 Kw**

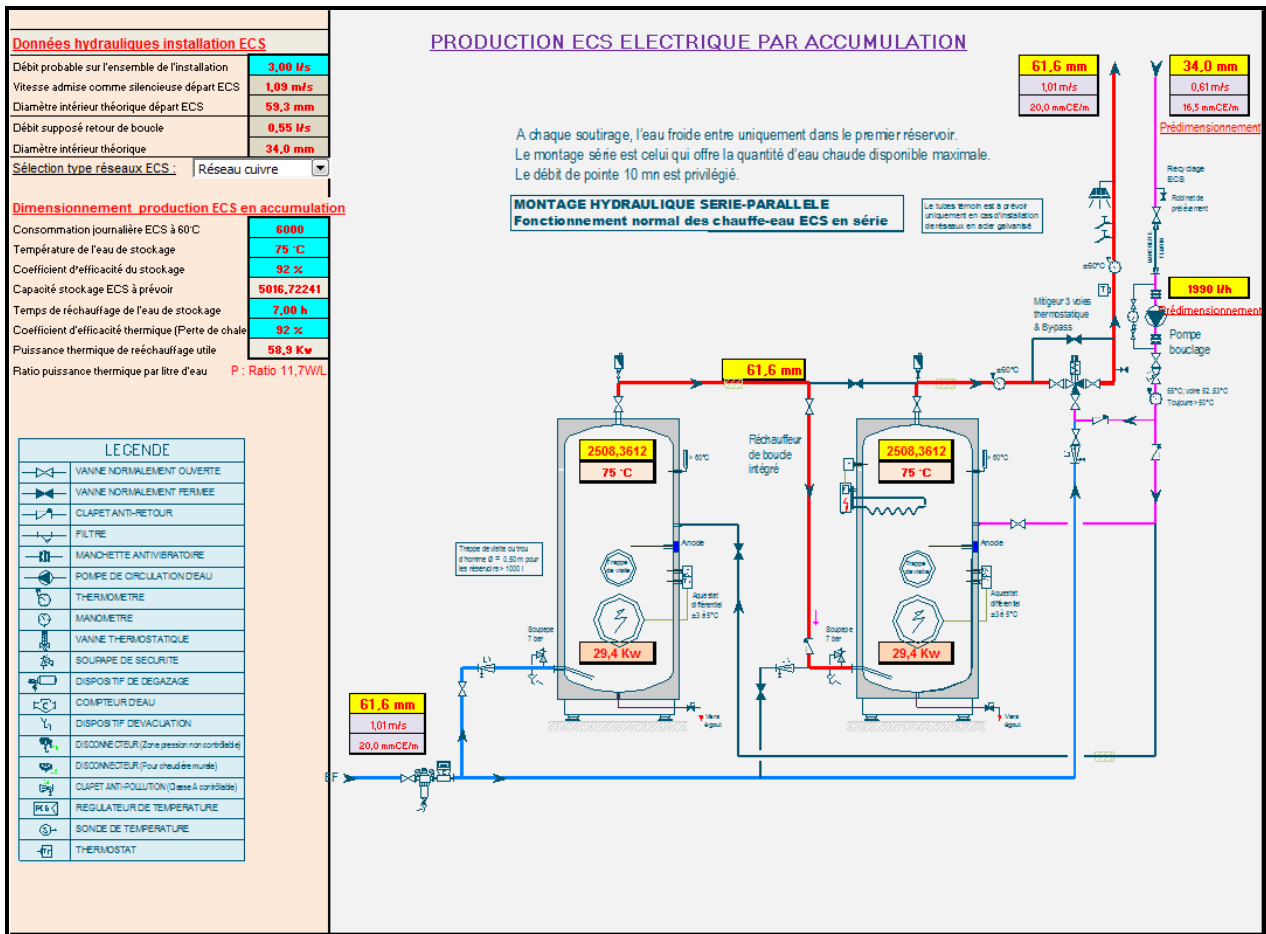
$$V_{ecs} \text{ (litres)} = \frac{Q_j \text{ (litres)} \cdot \Delta T (60^\circ C - 10^\circ C)}{(T_{stock} - 10^\circ C) \cdot C_{ef}}$$

$$P_{(kW)} = \frac{V_{ecs} \text{ (litres)} \cdot \Delta T (T_{stock} - 10^\circ C) \cdot 1,163 \cdot 10^{-3}}{T \text{ (heures)} \cdot R \text{ (rendement)}}$$











## 2 - Production eau chaude sanitaire (Installations collectives)

Il est généralement admis d'utiliser la même source d'énergie à la fois pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire comme par exemples :

- Chauffage électrique → Production ECS électrique
- Chauffage gaz → Production ECS gaz
- Chauffage fuel → production ECS fuel.

Dans certains cas ce choix peut être modulé, comme par exemple où la puissance électrique implique l'installation d'un transformateur privé.

Dans tous les cas le choix de l'énergie devra tenir compte des caractéristiques du site comme par exemple :

- la distribution ou non du gaz de ville,
- les contraintes architecturales (cheminée, etc.),
- la nécessité ou non de mise en place d'un transformateur privé (au-dessus de 250 kVA),
- les contraintes de sécurité (ERP, etc.).

L'installation d'une production ECS à usage collectif présente un certain nombre d'avantages :

- elle permet un amortissement de la consommation de pointe sur l'ensemble des points de puisage
- le volume de stockage est réduit dans le cas d'une production ECS en semi-instantanée ou semi-accumulation,
- la possibilité de choisir sur différents types d'énergie (gaz, électricité avec double tarif, fuel, solaire, etc.)

Mais il y a aussi des inconvénients tels que :

- la création des réseaux de distribution d'eau chaude sanitaire (ECS) et des retours de boucle,
- les pertes d'énergie sur les réseaux de distribution ECS y compris les bouclages,
- la nécessité de mettre en place des comptages individuels pour établir les répartitions des frais de charges.

Les installations individuelles de production ECS dans un immeuble collectif peuvent être intéressantes puisque la production d'ECS fonctionne seulement lorsque l'appartement est occupé. Cela évite aussi les facturations des consommations d'ECS (réduction des charges collectives) et diminue les problèmes de maintenance difficiles à maîtriser dans une collectivité.

Par contre les choix d'énergies sont plus limités et l'utilisation de l'électricité avec double tarif est moins intéressante par rapport à une installation ECS à usage collectif. En outre après épuisement de l'ECS contenue dans un ballon électrique, il faut un certain temps pour réchauffer l'eau en cas de relance de jour.

## 3 - Différents modes de production ECS

La production d'ECS est dimensionnée en tenant compte de la capacité et de la puissance à installer afin de permettre la satisfaction de l'ensemble des besoins sur l'ensemble de la journée.

Les différents modes de production d'ECS sont classifiés soit en :

- production instantanée,
- production semi-instantanée
- production semi-accumulation,
- production en accumulation.

La différence entre ces types de production ECS provient du rapport entre la puissance thermique utile réservée à produire de l'ECS et le volume de stockage choisi pour assurer le confort d'utilisation.

En instantané :

- La base de calcul est effectuée sur la consommation de pointe sur 10 mn,
- La puissance thermique de l'échangeur de chaleur est déterminé sur cette consommation d'eau chaude de pointe.

En semi-instantané :

- La base de calcul est effectuée sur la consommation de pointe sur 10 mn,
- Le stockage ECS permet d'amortir la puissance thermique notamment sur la pointe de 10 minutes,
- L'échangeur de chaleur produit le complément,
- Le stockage d'énergie sur le réservoir se reconstitue après cette consommation de pointe.

En semi-accumulation

- La base de calcul se fait sur la consommation horaire de pointe
- Le stockage ECS permet de réduire la puissance thermique sur les pointes horaires
- L'échangeur de chaleur produit le complément
- Le stockage d'énergie sur le réservoir se reconstitue entre deux pointes

En accumulation

- Le stockage ECS représente la totalité de la consommation journalière
- Le stockage ECS est utilisé au cours de la journée
- Le réchauffeur reconstitue le stockage d'énergie dans les réservoirs au cours de la journée notamment de nuit lorsqu'il s'agit de résistances électriques (période limitée du fait des heures creuses EDF)

## 4 - Calculs hydrauliques installations sanitaires ECS

### 4.1 - Calculs des débits ECS des équipements sanitaires

La température de l'eau utilisée (au point de puisage) doit être comprise entre 35 et 40 °C si celle-ci est en contact avec le corps humain, mais d'au moins 55 °C en cuisine par exemple s'il s'agit de décoller spontanément des graisses sans détergent. La température de consigne n'est donc pas la même pour certains usages.

Tableau des débits de base selon le DTU 2013 et la température au point de puisage généralement admise avec conversion des débits à la température des points de puisage.

EQUIPEMENTS SANITAIRES ALIMENTES EN ECS					
Désignations Appareils	Température		Débits de base	ΣNb x robinet	Σ débits Qecs
	EF	EC			
	Tf (°C)	Tm (°C)	Qdtu (l/s)		l/s
Lavabo et vasque	10 °C	40 °C	0,20 l/s	1	0,13l/s
Bidet	10 °C	40 °C	0,20 l/s	1	0,13l/s
Lave bassins	10 °C	55 °C	0,33 l/s	1	0,33l/s
Baignoire	10 °C	55 °C	0,33 l/s	1	0,33l/s
Douche	10 °C	40 °C	0,20 l/s	1	0,13l/s
Evier	10 °C	55 °C	0,20 l/s	1	0,20l/s
Kitchenette	10 °C	55 °C	0,20 l/s	1	0,20l/s
Vidoir mural	10 °C	55 °C	0,20 l/s	1	0,20l/s
Postes d'eau	10 °C	55 °C	0,20 l/s	1	0,20l/s
Paillasse humide	10 °C	55 °C	0,20 l/s	1	0,20l/s
Poste de lavage	10 °C	55 °C	0,33 l/s	1	0,33l/s

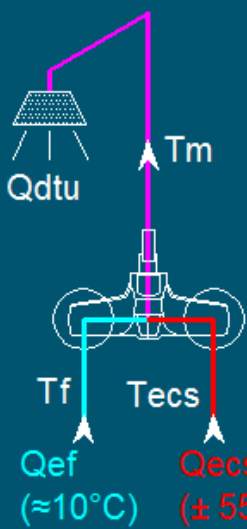
Les débits indiqués ci-dessus sont valables à la sortie d'un robinet d'eau froide, d'eau chaude ou d'un mitigeur.

La température de production de l'ECS est généralement différente de la température de distribution. Sa valeur est parfois limitée par construction au niveau du réchauffeur, mais il est généralement inutile de dépasser 60 °C car on augmenterait alors le coût de la préparation à l'exception d'une production à énergie électrique par accumulation.

La température de l'ECS est distribuée à 60°C au départ de la production ECS et de l'ordre de ± 55°C en fin de réseaux c'est-à-dire une chute température sur réseau de ± 5°C due aux pertes de chaleur en ligne.

### 4.2 - Conversion des débits d'eau chaude en eau mitigée

La température au niveau de la production ECS est plus élevée en général que l'eau chaude utilisée au point de puisage, il faudra donc dans ce cas-là mélanger l'eau chaude à de l'eau froide afin d'obtenir une eau à température appropriée à la sortie du robinet puisage.



### Conversion débit équivalent ECS en eau mitigée

$$Q_{ecs} = Q_{dtu} \cdot \frac{T_m - T_f}{T_{ecs} - T_f}$$

Jean Yves MESSE  
 © ThermExcel

- **Qf** : Débit eau froide équivalent
- **Qecs** : Débit équivalent ECS équipement sanitaire
- **Qdtu** : Débit de base ECS (DTU 60.11)
- **Tm** : Température ECS au point de puisage
- **Tf** : Température de l'eau froide sanitaire ± 10°C
- **Tecs** : Température ECS distribuée en fin de réseaux ± 55°C  
 (60°C - chute température réseau ± 5°C)

Le calcul du débit équivalent sur un équipement sanitaire par mélange d'eau (mitigeur par exemple) est défini par la formule suivante :

$$Q_{ecs} = Q_{dtu} \cdot \frac{T_m - T_f}{T_{ecs} - T_f} \rightarrow \text{ou encore } Q_f = Q_{dtu} \cdot \frac{T_{ecs} - T_m}{T_m - T_f}$$

- Qecs : Débit équivalent ECS en amont du puisage
- Qf : Débit eau froide équivalent en amont du puisage
- Qdtu : Débit de base ECS en eau mitigée de l'équipement sanitaire (DTU 60.11)
- Tm : Température ECS au point de puisage
- Tf : Température de l'eau froide sanitaire ± 10°C
- Tecs : Température ECS distribuée en fin de réseaux ± 55°C (60°C au départ de la production ECS et avec une- chute température réseau ± 5°C)

### 4.3 - Coefficient de simultanéité en fonction du nombre d'appareils installés

Il dépend du type de construction (collectivité, résidentiel,...) et du nombre de robinetteries à alimenter.

Les hypothèses de simultanéité pour le calcul des débits des réseaux d'alimentation en eau des parties collectives seront définies selon le coefficient de simultanéité ci-après :

$$Y = \frac{0,8}{\sqrt{x - 1}} \text{ Avec :}$$

- x = nombre d'appareils sanitaires installés

Coefficient de majoration à appliquer pour les équipements si nécessaire :

- Hôtels : x = 1,25 (Sous réserve)
- cuisine : x = 1,50 ou 2

Nota1 : Dans le cas des écoles, internats, stades, gymnases, casernes, il faut considérer que tous les lavabos ou douches peuvent fonctionner simultanément, sauf si l'installation est équipée de robinets à fermeture temporisée.

Nota2 : Dans le cas des hôpitaux, maisons de retraite et foyers de personnes âgées et bureaux, le coefficient de simultanéité n'est pas affecté d'un facteur particulier.

Pour  $x \leq 5$  appareils, le calcul du diamètre des réseaux sera établi en fonction des coefficients attribués à chaque appareil sanitaire.

#### **4.4 - Calcul du débit probable (Débit instantané)**

Le débit probable permet de dimensionner les réseaux de distribution ECS. Il sera déterminé par la somme des débits des différents équipements sanitaires multipliés par le coefficient de simultanéité selon le chapitre précédent.

$$Q_{ecs} = Q \cdot Y$$

## 5 - Dimensionnement production ECS en habitats collectifs

### Evaluation des besoins ECS dans les immeubles d'habitation

Les principaux critères généralement admis sont :

- le débit instantané pour pouvoir effectuer le dimensionnement des réseaux de distribution d'eau.
- le débit de pointe sur dix minutes.
- le débit horaire maximal
- la consommation globale journalière

L'évaluation de ces critères doit tenir compte de nombreux paramètres qui rendent aléatoire toute méthode de calcul empirique, et doit faire appel à l'expérience propre de chaque constructeur, prescripteur ou installateur, etc.

Ces critères sont de plusieurs types :

- Quantitatif : nombre de personnes, de points de puisage, de chambres, de logements.
- Qualitatif : type de logement, caractéristiques de l'équipement (douche, baignoire, etc.)

#### 5.1 - Déterminer le nombre de logements standards « N »

L'évaluation des besoins en logement collectif est effectuée sur la consommation moyenne journalière d'un logement, dit standard, de 160 litres d'eau à 55...60° C.

Le logement standard par hypothèse est un appartement de 3 à 4 pièces occupé par 3 à 4 personnes et comportant les équipements tels que : 1 lavabo, 1 baignoire et 1 évier.

Lorsque les équipements des appartements sont différents : on applique des coefficients correctifs pour calculer un nombre fictif de logements standards équivalents (N) en fonction des seuls équipements les plus consommateurs en prenant pour référence la consommation d'une baignoire standard.

Equipements qui consomment le plus de l'appartement	Coef de correction "c"
- 2 baignoires standard	1,5
- 1 baignoire + douche	1,3
- 1 baignoire luxe	1,2
- 1 baignoire standard	1
- 1 douche	0,6
- 1 lavabo	0,4
- 1 evier	0,4

Pour déterminer le nombre de logements unitaires « N ».

$$N = \sum (n_{\text{appart}} \cdot c_{\text{confort}})$$

N = Nombre équivalent de logements standards

Exemple : Immeuble d'habitation avec de 85 logements (n) constitués de différents logements équipés d'équipements sanitaires spécifiques. Le tableau suivant synthétise la conversion en nombre de logements standards (N) de cet ensemble

<b>Nbre de logts standards équivalents (N) :</b>	u	c		N
Logt F1 : (Studios avec lavabo)	2 u	0,40	====>	0,8
Logt F1, F2 : (1 ou 2 pièces avec douche)	4 u	0,60	====>	2,4
Logt F2, F3 : (2 ou 3 pièces avec SDB)	30 u	1,00	====>	30,0
Logt F4 : (4 pièces, SDB (baignoire ≥ 1,75m))	34 u	1,20	====>	40,8
Logt F4, F5 : (4 ou 5 p - SDB + Douche)	8 u	1,30	====>	10,4
Logt F5, F6 : (5 ou 6 pièces avec 2 SDB)	7 u	1,50	====>	10,5
TOTAL =	85	TOTAL (N) =		<b>95</b>

## 5.2 - Coefficient de simultanété ECS pour les logements

Pour obtenir la consommation maximale d'un ensemble de logements standards pendant l'heure de pointe, il faut considérer un coefficient de simultanété (S) qui tient compte du foisonnement des divers soutirages dans les logements.

$$S = \frac{1}{\sqrt{(N-1)}} + 0,17$$

S = Coefficient de simultanété logement.

## 5.3 - Consommation ECS journalière en logement standard

La consommation journalière d'un logement type est de 160 litres à 55°C. En conséquence la consommation journalière d'un l'immeuble sera déterminée de la façon suivante :

$$Q_j = 160 \cdot N$$

N = Nombre équivalent de logements standards

## 5.3 - Consommation horaire de pointe (base de dimensionnement en semi accumulation)

Les pointes hebdomadaires correspondent aux jours de la semaine privilégiés pour la prise des bains, soit les vendredis, samedis et dimanches. Ces périodes de consommation maximale servent à la détermination du système de production d'eau chaude.

Donc, la consommation moyenne horaire durant la période de pointe (T<sub>pht</sub>) est évaluée à :

$$\text{Consommation horaire de pointe : } Q_h \approx 120 \cdot N \cdot S \rightarrow (Q_j \cdot 0,75 \cdot N \cdot S)$$

- N = Nombre équivalent de logements standards
- S = Coefficient de simultanété logement

On constate que 75 % du soutirage journalier se fait en moyenne pendant cette période de pointe de durée (T<sub>pht</sub>) et que 99 % environ du soutirage s'effectue sur l'cette période.

La période de pointe ( $Th_{pt}$ ) est calculée de la manière suivante :

$$Th_{pt} = 5 \cdot \frac{N^{0,905}}{15 + N^{0,92}}$$

Par simplification on peut admettre que la période  $Th_{pt}$  est l'inverse du coefficient de simultanéité ( $S$ )

$$Th_{pt} = \frac{1}{S}$$

#### **5.4 - Consommation de pointe sur 10 mn**

Dans le cadre d'un dimensionnement d'un système production ECS en instantané ou en semi instantané, la période de pointe de référence est de 10 mn. L'équipement sanitaire dans une unité d'habitation n'est utilisé que par une seule personne quel que soit le nombre d'occupants.

La consommation durant la période de pointe sur 10 mn est évaluée à :

$$Q_{10mn} = 50 \cdot N \cdot S$$

- N = Nombre équivalent de logements standards
- S = Coefficient de simultanéité logement

### **Calcul puissance thermique ECS en immeuble d'habitation**

#### **5.5 - Calcul puissance thermique (Formule générale)**

La puissance thermique utile d'un système de production d'ECS peut s'inscrire de façon générale de la manière suivante:

$$\text{Puissance thermique utile réchauffeur (kW)} : \frac{(P - P_{dist})}{R} = \Delta T \cdot 1,163 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{Q - C_{stock}}{Th_{pt}}$$

- P : Puissance thermique réchauffage ECS (en kW),
- $\Delta T$  est l'écart de température en °C entre l'aller et le retour de la boucle)
- $C_{stock}$  = Capacité de stockage
- Q = Volume d'eau à soutirer pendant lune période  $Th_{pt}$
- $Th_{pt}$  = Période de soutirage (temps de puisage)

Sans volume tampon, l'échangeur ECS doit assurer le réchauffage du débit de pointe le plus contraignant.

#### **5.6 - Puissance thermique en système instantané**



Dans un système sans stockage toute l'E.C.S. produite l'est à partir d'un réchauffeur qui délivre instantanément les besoins appelés. Aucun stockage n'est prévu. Le réchauffeur doit donc être calculé pour permettre de passer n'importe quelle pointe de demande et en particulier celle sur 10 minutes qui est la plus contraignante. Ceci est défini de la façon suivante :

$$\text{Puissance thermique production ECS en instantané : } P(kW) = \Delta T \cdot 1,163 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{50 \cdot N \cdot S}{1/6} \rightarrow = \Delta T \cdot 0,3489(N \cdot S)$$

- P : Puissance thermique réchauffage ECS (en kW),
- N = Nombre équivalent de logements standards,
- S = Coefficient de simultanéité logement,
- $\Delta T$  = Ecart de température en K entre le départ de la production ECS et l'alimentation eau froide,

Avec un système de production ECS de type instantané, la puissance thermique utile n'intègre pas les pertes de chaleur des réseaux de distribution ECS et des retours de boucles car lors des consommations de pointe il n'y a plus bouclage et donc dans ce cas-là ces pertes de chaleur sont nulles et donc par conséquent il n'y a pas de surpuissance à prévoir en plus.

Le choix d'une température d'eau à 60°C au départ de l'échangeur avec une production instantanée permet de compenser les variations de chute de température de l'eau lors des soutirages notamment à cause d'un manque de réactivité du système de régulation de température.

### **5.7 - Puissance thermique en système semi-instantané (Base de calcul sur la consommation de pointe sur 10 mn)**

Avec la mise en place d'une capacité de stockage tampon, le système permet d'absorber en partie les pointes sur 10 minutes tout en réduisant la puissance de réchauffage.

Pour résumer : Énergie échangeur pendant 10 mn = Énergie à puiser pendant 10 mn - Énergie contenue dans le stock

Et la formule de calcul concernant la puissance thermique (donc sur une heure) sera donc :

$$\frac{(P - P_{dist})}{R} = \Delta T \cdot 0,001163 \cdot \frac{50 \cdot N \cdot S - C_{stock}}{1/6} \rightarrow = \Delta T \cdot 0,006978(50 \cdot N \cdot S - C_{stock})$$

- P : Puissance thermique réchauffage ECS (en kW),
- N = Nombre équivalent de logements standards,
- S = Coefficient de simultanéité logement,
- $C_{stock}$  = Capacité de stockage (en L),
- $\Delta T$  = Ecart de température en K entre le départ de la production ECS et l'alimentation eau froide,
- R = Coefficient d'efficacité thermique du système,
- $P_{dist}$  = Pertes thermiques de la distribution ECS et du retour de boucle.

Nota : Les besoins ECS sont donnés sur une base de 55°C, La puissance P sera calculée sur un départ à 60°C permettant de couvrir les pertes thermiques ( $P_{dist}$ ) sur la distribution ECS.

#### Limite du stockage

La frontière entre le système semi-instantané et le système semi-accumulation est la quantité du volume du stockage en eau ( $C_{stock}$ ). En semi-instantané le volume sera limité tout au plus selon la formule suivante :

$$C_{stock} \leq (180 \cdot N \cdot S) / (6 - S)$$

Au-delà il sera classé comme un système de type semi-accumulation.

$$\text{Vol. tampon (Mini...Maxi) en semi-instantané : } 0 \geq C_{\text{stock}} \leq \frac{(180 \times N \times S)}{6 - S}$$

### 5.8 - Puissance thermique avec système en semi-accumulation (Base de calcul sur la consommation horaire de pointe)

Au cours de cette pointe horaire un appartement consomme 75 % de la consommation moyenne journalière

Dans ce système, la capacité de stockage mise en jeu devient très importante. De plus, le système est capable d'assurer les besoins exprimés pendant une période égale à une fois la période dite de bains.

$$\text{Puissance échangeur pendant } T_{\text{hpt}} : \frac{(P - P_{\text{dist}})}{R} = \Delta T \cdot 1,163 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{(120 \cdot N - C_{\text{stock}})}{T_{\text{hpt}}}$$

- P : Puissance thermique réchauffage ECS (en kW),
- N = Nombre équivalent de logements standards,
- C<sub>stock</sub> = Capacité de stockage (en L),
- ΔT = Ecart de température en K entre le départ de la production ECS et l'alimentation eau froide,
- R = Coefficient d'efficacité thermique du système,
- P<sub>dist</sub> = Pertes thermiques de la distribution ECS et du retour de boucle

Nota : Comme en semi-instantané, les besoins ECS sont donnés sur une base de 55°C, La puissance P sera calculée sur un départ à 60°C permettant de couvrir les pertes thermiques (P<sub>dist</sub>) sur la distribution ECS.

#### Limite du stockage en système semi-accumulation

A tout moment le stock d'eau chaude doit pouvoir se reconstituer dans un délais acceptable permettant de mieux gérer des puisages importants et exceptionnels

La puissance de réchauffage d'un stockage doit permettre d'élever la capacité de stockage à la température d'utilisation et dans un temps souhaité mais limité à 8 heures.

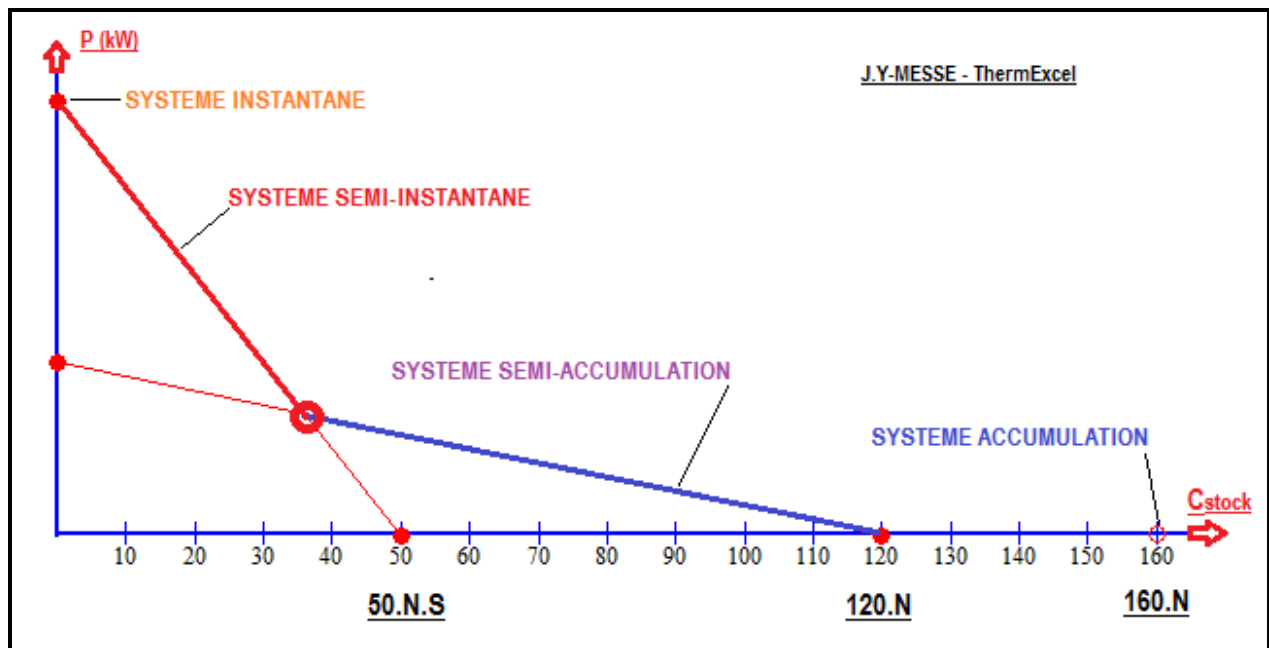
De ce fait, la capacité de stockage en eau maximale sera limitée afin que le réchauffeur puisse, en dehors des soutirages, remonter en température le ballon tampon à la bonne température.

Donc la capacité de stockage (C<sub>stock</sub>) peut se résumer de cette manière là :

$$\text{En semi-accumulation le stockage peut varier de : } \frac{(180 \times N \times S)}{6 - S} \geq C_{\text{stock}} \leq 120 \cdot N \cdot \frac{\text{Thr} \cdot S}{\text{Thr} \cdot S + 1}$$

- N = Nombre équivalent de logements standards,
- S = Coefficient de simultanéité logement,
- C<sub>stock</sub> = Capacité de stockage (en L),
- Thr : Temps de réchauffage imposé sur le stockage (1/S ... à 8 h)

## **Graphique de synthèse sur la production ECS en habitat**



Les systèmes de type semi-instantané et semi-accumulation ont la caractéristique essentielle d'être stables. Ils offrent un service très confortable et ceci même pour un réglage de la température de soutirage à 50 ou à 55° C. Ils permettent enfin d'abaisser sérieusement les puissances à mettre en jeu et donc de bénéficier d'un rendement global intéressant.

## 6 - Dimensionnement production ECS (collectivités & tertiaire)

### 6.1 - Evaluation des besoins ECS selon le type d'activité

Le tableau suivant donne à titre indicatif des estimations de consommations moyennes d'eau chaude sanitaire (ECS) journalières sur une base de 55°C selon le type d'établissement ou d'activité et par unité (Utilisateur, repas, etc.)

Type d'activité	Estimations ou Ratios (55°C)	(L/u/55°C)
- Restaurant (repas ordinaire)	5 à 8 litres/jour/repas	7 l/J
- Restaurant (repas de luxe)	12 à 20 litres/jour/repas	16 l/J
- Restaurant (Petit déjeuner)	2 à 6 litres/Petit déjeuner	4 l/J
- Cantine/Cuisine à liaison froide	3 litres/jour/repas	3 l/J
- Buanderie	5 à 7 litres/kilo de linge	6 l/J
- Hôtel 1* (Douche)	70 litres/jour/chambre	75 l/J
- Hôtel 2 ou 3* (Bain)	100-140 litres/jour/chambre	125 l/J
- Hôtel 4 ou 5* (Bain + douche)	160 à 200 litres/jour/chambre	165 l/J
- Camping 4*	Sanitaire collectif + lavage vaisselle	60 l/J
- Foyers (chambres individuelles)	60 litres/jour/chambre	60 l/J
- Maison de retraite	Chambre / SDB (Hors buanderie)	40 l/J
- Maison de retraite	Repas (Hors buanderie)	10 l/J
- Ecole	5 litres/jour/élève (Hors internat)	5 l/J
- Internat ou Caserne	Hors restauration et buanderie	30 l/J
- Gymnases	30 litres/utilisateur	30 l/J
- Stades Football & Rugby	50 litres/utilisateur	50 l/J
- Piscines couvertes y/c douches	60 à 80 par jour et visiteur	70 l/J
- Immeubles de bureaux	5 à 8 l/jour/pers (Hors restaurant)	8 l/J

Nota : Les besoins ECS sont donnés sur une base de 55°C, La puissance P sera calculée sur un départ à 60°C permettant de couvrir les pertes thermiques (P<sub>dist</sub>) sur la distribution ECS.

### 6.2 - Profil de puisage

Dans le secteur tertiaire et dans les collectivités, il est fréquent que le profil de puisage rencontré soit en fonctionnement discontinu.

Pour certains types d'utilisation, comme dans le cas des centres sportifs, piscines, football, etc., l'évaluation des besoins ECS peut se faire en fonction du nombre de points de puisage, du type d'activité et du nombre de sportifs susceptibles d'utiliser simultanément les équipements sanitaires.

On évalue le nombre de personnes qui prendront une douche après un événement sportif. On compte 10 min par douche, on peut évaluer la durée de passage de toutes les personnes sous la douche. Une douche représente 50 litres d'eau à 40 °C

Cela permet de connaître la durée de la pointe et la quantité d'eau qui y est consommée

### 6.3 - Coefficients horaires de soutirage et de répartition des quantités consommées

Il est important de connaître la quantité d'eau chaude puisée et du profil journalier de consommation d'eau chaude du ou des bâtiments pour dimensionner correctement l'appareil de production, quel que soit le système choisi.

Le dimensionnement d'une installation d'ECS en semi-instantané ou en semi-accumulation sera basé sur le profil journalier du puisage ou de la consommation d'eau chaude du ou des bâtiments et sur la reconstitution du stockage d'énergie dans les conditions réelle de fonctionnement.

Etablir le profil de puisage consiste à déterminer pour les différentes journées sur une semaine standard, les besoins en eau chaude heure par heure.

La méthode de calcul Th-CE 2008 dans le cadre du calcul réglementaire des consommations d'énergie donne des indications utiles dans le chapitre 8 sur les besoins d'ECS notamment dans le Tableau 19

Le Tableau 19 présente les coefficients ah les clés de répartition, pour chaque usage ou type d'activité considéré et rappellent les jours de la semaine pendant lesquels ils s'appliquent.

Période	Logement & établis <sup>nts</sup> sanitaire et d'hébergement	Etablis <sup>nt</sup> sanitaire sans hébergement	Restauration cuisine traditionnelle et self		Hôtellerie	Etablis <sup>nt</sup> sportif
			1 repas par jour	2 repas par jour		
De 7 à 8 h	0,028				0,043	
De 8 à 9 h	0,029	0,05		0	0,029	0
De 9 à 10 h	0	0	0,08	0,04	0	0,05
De 10 à 11 h		0	0	0		0
De 11 à 12 h		0,05	0	0		0,05
De 12 à 13 h		0	0	0		0
De 13 à 14 h		0,05	0,12	0,06		0
De 14 à 15 h		0		0		0
De 15 à 16 h		0		0		0,05
De 16 à 17 h		0		0,04		0
De 17 à 18 h		0,05		0,06		0,05
De 18 à 19 h	0,029				0,043	
De 19 à 20 h	0				0,014	
De 20 à 21 h	0,028				0	
De 21 à 22 h	0,029				0	
De 22 à 23 h	0				0,014	
Jours par semaines	7	5 (du lundi au vendredi)	5 (du lundi au vendredi)		7	5 (du lundi au vendredi)

**Tableau 19 : Coefficients horaires de soutirage et de répartition des quantités consommées**

Dans le tableau suivant, on peut donc aisément à partir des coefficients ah des clés de répartition hebdomadaire avec les coefficients horaires de soutirage les quantités consommées sur une semaine de 5 ou 7 jours selon le cas le profil de la répartition établir en pourcentage des consommations horaires ECS dans la journée.

Coefficients horaires de soutirage et de répartition en % des quantités consommées												
Période horaire	Etablissement sanitaire (avec hébergement)		Etablissement sanitaire (sans hébergement)		Restauration cuisine traditionnelle et self				Hôtellerie		Etablissement sportif	
					1 repas par jour		2 repas par jour					
	ah	hj %	ah	hj %	ah	hj %	ah	hj %	ah	hj %	ah	hj %
De 7 à 8 h	0,028	20%							0,043	30%		
De 8 à 9 h	0,029	20%	0,05	25%			0	0%	0,029	20%	0	0%
De 9 à 10 h	0	0%	0	0%	0,08	40%	0,04	20%	0	0%	0,05	25%
De 10 à 11 h			0	0%	0	0%	0	0%			0	0%
De 11 à 12 h			0,05	25%	0	0%	0	0%			0,05	25%
De 12 à 13 h			0	0%	0	0%	0	0%			0	0%
De 13 à 14 h			0,05	25%	0,12	60%	0,06	30%			0	0%
De 14 à 15 h			0	0%			0	0%			0	0%
De 15 à 16 h			0	0%			0	0%			0,05	25%
De 16 à 17 h			0	0%			0,04	20%			0	0%
De 17 à 18 h			0,05	25%			0,06	30%			0,05	25%
De 18 à 19 h	0,029	20%							0,043	30%		
De 19 à 20 h	0	0%							0,014	10%		
De 20 à 21 h	0,028	20%							0	0%		
De 21 à 22 h	0,029	20%							0	0%		
De 22 à 23 h	0	0%							0,014	10%		
Jours / semaines	ah sur : 7 jours / semaine		ah sur 5 jours (lundi au vendredi)		ah sur 5 jours (lundi au vendredi)		ah sur 5 jours (lundi au vendredi)		ah sur : 7 jours / semaine		ah sur 5 jours (lundi au vendredi)	
Nota :	ah = Coefficient horaire de la clé de répartition des besoins d'ECS sur une semaine de 5 ou 7 jours selon le cas											
JY-MESSE - ThermExcel	hj% = Résultante de la clé de répartition en % par heure des consommations ECS sur une journée											

- ah = coefficient horaire de la clé de répartition des besoins d'ECS afférente à l'usage considéré,
- hj % : Résultante de la clé de répartition en % par heure des consommations ECS sur une journée

### Cas particuliers

Dans certains cas éventuellement, les débits de pointe dépendent du type d'hôtel, de son niveau de luxe et de son implantation

- Hôtels de tourisme : pointe de 2 heures représentant 60 % de la consommation journalière
- Hôtels d'affaires ou hôtels à la montagne : pointe concentrée sur une heure.

### 6.5 - Volume de consommation horaire de pointe

Le volume de consommation de pointe (V<sub>hpt</sub>) est déterminé sur la période horaire la plus contraignante.

$$V_{hpt} (m^3) = Q_j \cdot (hj1\% + hj2\%, \text{ etc}) \rightarrow \text{Et le débit horaire moyen (Qh m}^3/\text{h)} = \frac{V_{hpt}}{tp}$$

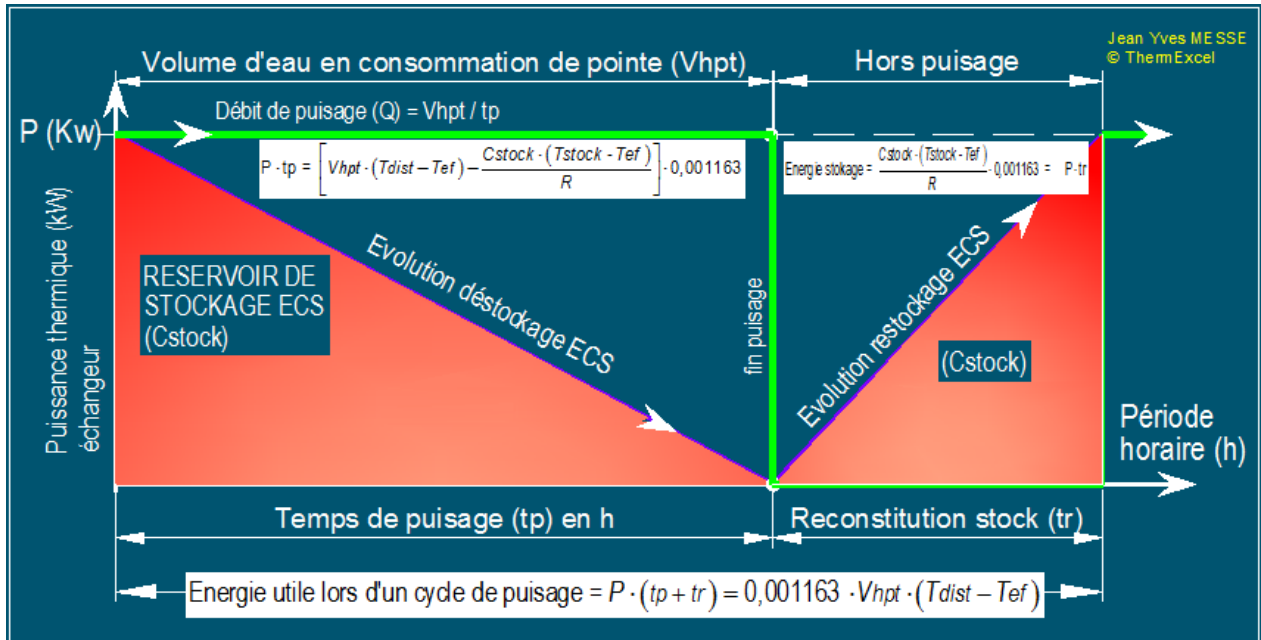
- Q<sub>j</sub> = Consommations journalière d'eau chaude sanitaire (ECS)
- tp = temps de puisage (heure)

Par exemple en hôtellerie on a 50% de la consommation journalière (Q<sub>j</sub>) qui est effectuée le matin entre 7 et 9 heures et 40% entre 18 et 20 heures.

### 6.6 - Calcul puissance thermique - Méthode de calcul pour des puisages discontinus

Théoriquement cette méthode n'est applicable que si l'on considère qu'aucun puisage n'est effectué entre deux périodes de consommation de pointes et que le stock d'eau chaude est reconstitué durant cette

période. Le système de production ECS sera dimensionné pour satisfaire sur la période de pointe la plus contraignante.



L'énergie thermique utile lors d'un cycle de puisage sera :

$$\text{Énergie utile lors d'un cycle de puisage (kW)} = P \cdot (tr + tp) = 0,001163 \cdot Vhpt \cdot (Tdist - Tef)$$

### Compatibilité volume et puissance thermique

L'énergie utile durant un cycle de puisage ECS est égale à l'énergie contenue dans le stock plus l'énergie fournie par l'échangeur.

$$\underbrace{1,163 \cdot 10^{-3} \cdot Vhpt \cdot (Tdist - Tef)}_{\text{Énergie volume puisage}} = \underbrace{1,163 \cdot 10^{-3} \cdot Cstock \cdot R \cdot (Tstock - Tef)}_{\text{Énergie volume stockage}} + \underbrace{(tp - 0,05) \cdot P}_{\text{Énergie échangeur puisage}}$$

Et l'énergie thermique fournie par l'échangeur sera :

$$\Delta T \cdot 1,163 \cdot 10^{-3} \cdot Vhpt \cdot (Tdist - Tef) = tr \cdot P + (tp - 0,05) \cdot P \rightarrow (tr + tp - 0,05) \cdot P$$

L'énergie consommée étant supérieure à l'énergie fournie par l'échangeur lors du puisage, la différence doit être contenue dans l'eau chaude stockée durant le puisage qui sera reconstituée après le puisage :

$$Cstock = \frac{tr \cdot P}{R \cdot (Tstock - Tef) \cdot 1,163 \cdot 10^{-3}} \rightarrow \text{et } P = \frac{1,163 \cdot 10^{-3} \cdot Vhpt \cdot (Tdist - Tef)}{(tr + tp - 0,05)}$$

Ce qui donne :

$$Cstock_{\text{(Capacité stockage en litres)}} = \frac{Vhpt \cdot (Tdist - Tef) \cdot tr}{(Tstock - Tef) \cdot R \cdot (tr + tp - 0,05)}$$

L'énergie fournie par l'échangeur durant la période de reconstitution du stock = Energie nécessaire pour augmenter la température du stock jusqu'à la température maximum de stockage

$$\text{Reconstitution stockage énergie (E\_stock)} : (tr \cdot P) - P_{dist} = 1,163 \cdot 10^{-3} \cdot C_{stock} \cdot R \cdot (T_{stock} - T_{ef})$$

Soit :

$$\text{Puissance thermique utile réchauffeur (kW)} : (P - P_{dist}) = 1,163 \cdot 10^{-3} \cdot R \cdot \frac{C_{stock} \times (T_{stock} - T_{ef})}{tr}$$

avec  $P \geq 12\%$  voire  $15\%$  . QJ · ΔT · 0,001163

- Vhpt = Volume de consommation d'eau durant la période de pointe la plus contraignante, (litres)
- Cstock = Capacité de stockage du réservoir (litres)
- Tstock = température de l'eau stockée (°C)
- Tdist = Température au départ de la production ECS (°C)
- Tef = température de l'eau froide (°C)
- R = Rendement stockage d'énergie ECS (Stratification et pertes thermiques)
- tp = temps de puisage (heure)
- tr = temps de reconstitution du stock entre 2 pointes de puisage (heure)
- 0,05 = temps d'attente en heure entre le début du puisage et la mise en action de l'échangeur
- P = puissance de l'échangeur (kW)
- Pdist = Pertes thermiques sur la distribution ECS et retour de boucle

### Phase reconstruction du stock d'énergie dans le réservoir et compatibilité avec le générateur de chaleur

La reconstitution du stock d'eau chaude doit pouvoir se faire dans un délais acceptable permettant de mieux gérer des puisages importants et exceptionnels ou imprévus. Quelques que soit le cas, la puissance thermique de l'échangeur doit être au minimum supérieure de 12% voire 15% de la consommation journalière durant cette période.

En outre, lorsque la production de chaleur est associée avec celle du chauffage, il serait préférable de s'assurer que la puissance thermique utile de la production d'ECS ne soit pas trop éloignée à celle du générateur de chaleur : Puissance de l'échangeur ECS > 30 % de la puissance chaudière.

En effet, plus l'écart de puissance sera grand et plus les cycles de fonctionnement du générateur de chaleur seront courts pour assurer la production d'ECS, ce qui va engendrer une baisse du rendement de la production de chaleur.

### 6.7 - Observations

Avec le même volume de consommation ECS sur une période de pointe, plus le temps de puisage est court et plus la capacité de stockage sera importante.

Le coefficient d'efficacité du stockage d'énergie (la stratification de l'eau dans le réservoir) interagit seulement sur le volume de stockage

La quantité d'énergie utilisée sur un cycle de puisage (tp + tr) de même durée reste toujours la même.

#### Exemple N°1 :

Si on inverse les temps de puisage / réchauffage – La puissance thermique reste la même mais la capacité de stockage augmente.



Consommation d'eau durant la période de pointe la plus contraignante	Vhpt =	<b>5000 L</b>
Temps de puisage pendant la période de pointe (Qh : 2500 l/h)	tp =	<b>2,00 h</b>
Temps de réchauffage du réservoir de stockage après puisage	tr =	<b>1,00 h</b>
Coefficient d'efficacité du stockage d'énergie (Stratification de 80 % à 95% )	R =	<b>90 %</b>
Volume de stockage d'eau (V)	Cstock =	<b>1883 l</b>
Puissance thermique échangeur (P ≥ % besoins journalier QJ)	P =	<b>98,6 Kw</b>

Consommation d'eau durant la période de pointe la plus contraignante	Vhpt =	<b>5000 L</b>
Temps de puisage pendant la période de pointe (Qh : 5000 l/h)	tp =	<b>1,00 h</b>
Temps de réchauffage du réservoir de stockage après puisage	tr =	<b>2,00 h</b>
Coefficient d'efficacité du stockage d'énergie (Stratification de 80 % à 95% )	R =	<b>90 %</b>
Volume de stockage d'eau (V)	Cstock =	<b>3766 l</b>
Puissance thermique échangeur (P ≥ % besoins journalier QJ)	P =	<b>98,6 Kw</b>

### Exemple N°2 :

Si on augmente le temps de cycle (tp + tr), la puissance thermique diminue mais la capacité de stockage augmente par rapport au cas précédent.

Consommation d'eau durant la période de pointe la plus contraignante	Vhpt =	<b>5000 L</b>
Temps de puisage pendant la période de pointe (Qh : 2500 l/h)	tp =	<b>2,00 h</b>
Temps de réchauffage du réservoir de stockage après puisage	tr =	<b>2,00 h</b>
Coefficient d'efficacité du stockage d'énergie (Stratification de 80 % à 95% )	R =	<b>90 %</b>
Volume de stockage d'eau (V)	Cstock =	<b>2813 l</b>
Puissance thermique échangeur (P ≥ % besoins journalier QJ)	P =	<b>73,6 Kw</b>

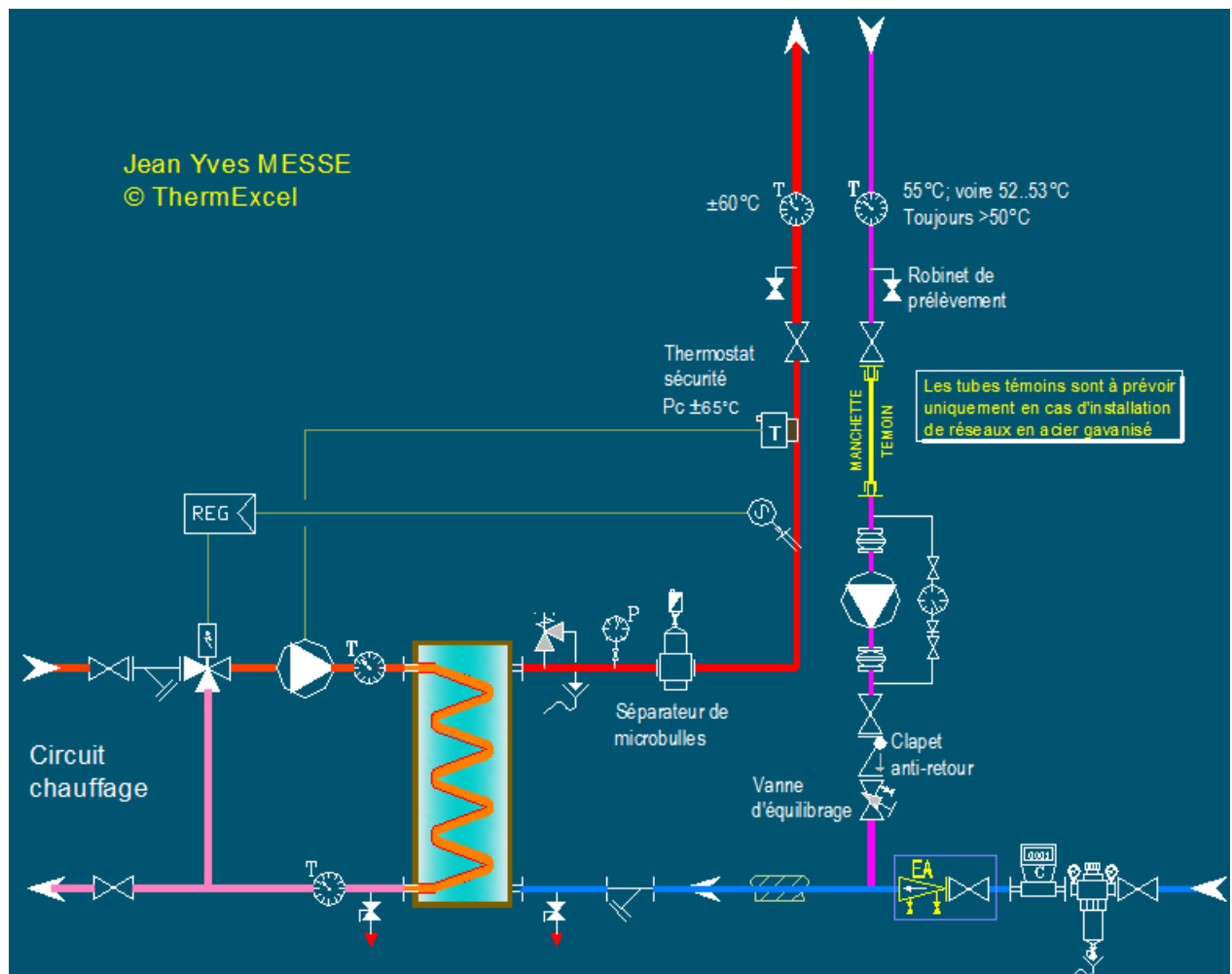
Par contre si la puissance thermique de l'échangeur doit être > à 15% des besoins thermiques de la journée la

Consommation d'eau durant la période de pointe la plus contraignante	Vhpt =	<b>5000 L</b>
Temps de puisage pendant la période de pointe (Qh : 2500 l/h)	tp =	<b>2,00 h</b>
Temps de réchauffage du réservoir de stockage après puisage	tr =	<b>3,00 h</b>
Coefficient d'efficacité du stockage d'énergie (Stratification de 80 % à 95% )	R =	<b>90 %</b>
Volume de stockage d'eau (V)	Cstock =	<b>3367 l</b>
Puissance thermique échangeur (P ≥ 15% besoins journalier QJ)	P =	<b>87,2 Kw</b>

## 7 - Production ECS instantanée

Le système est instantané lorsqu'il ne dispose d'aucune réserve d'eau chaude sanitaire. Toute l'ECS est produite à partir de l'échangeur qui délivre instantanément les besoins appelés. Sa puissance doit être suffisante pour absorber les débits de pointes, toute l'eau froide est réchauffée au moment où elle est soutirée. Ø

L'échangeur et la chaudière doivent donc être calculés pour satisfaire toutes les pointes de consommation. Cela conduit à prévoir une puissance d'échange et de production de chaleur importante, avec de fortes variations à prévoir dans le temps en fonction de la répartition des périodes de soutirage.



L'installation est pourvue généralement d'un échangeur à plaques relié à deux circuits indépendants :

- Le circuit primaire alimente l'échangeur avec un débit constant et une température variable par l'intermédiaire d'une vanne 3 voies de mélange. Une sonde sur la sortie ECS contrôle la température de l'eau en sortie et agit sur la vanne 3 voies au niveau du circuit primaire.
- Le circuit secondaire est relié à la sortie sur réseau de distribution ECS desservant les différents points de puisage alors que l'entrée de l'échangeur est raccordée sur le réseau d'eau froide ainsi qu'également les retours de boucles.

Concernant le dimensionnement de la pompe du circuit secondaire on peut envisager de prendre une perte de charge équivalente à 30% du débit de puisage au niveau de l'échangeur en plus de la perte de charge du réseau.

Le système de production instantanée présente un certain nombre de limites du fait des variations importantes de températures de soutirage qu'il implique. En conséquence, quelle que soit la régulation adoptée, les variations du potentiel calorifique du primaire s'effectueraient toujours avec un certain retard et une inertie plus ou moins grande et qui sont les causes essentielles de l'instabilité de la température pendant le soutirage.

### Production ECS de type instantané à partir d'une chaufferie

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>La surface du local à prévoir est réduite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La puissance appelée est très importante</li> <li>Le surcoût des chaudières à surdimensionner est important</li> <li>L'installation doit fonctionner même avec des petits débits ce qui donne un mauvais rendement</li> </ul>

## 8 - Production ECS semi-instantanée ou semi-accumulation

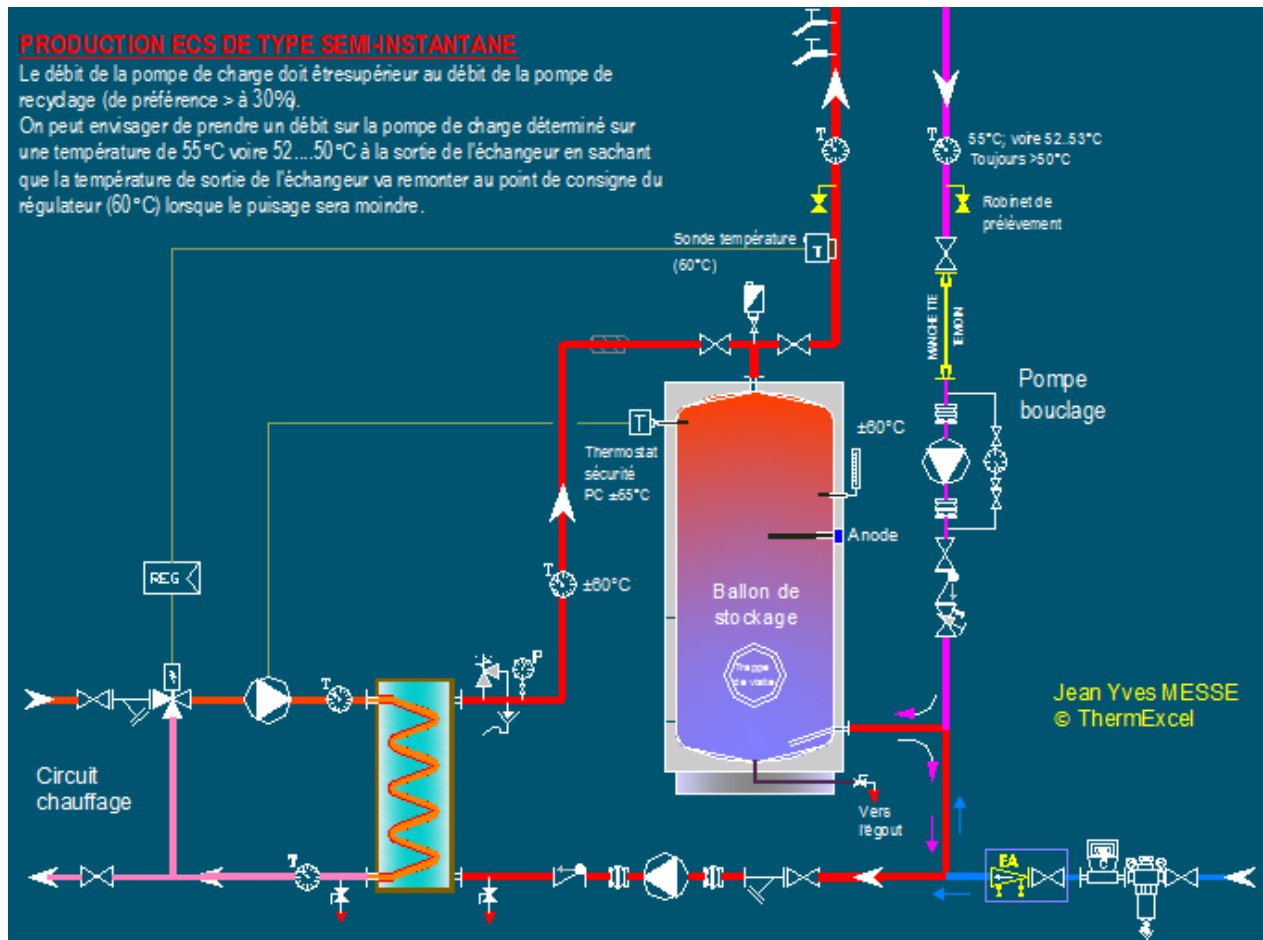
### Installation hydraulique

Le système est de type semi-instantané lorsque la capacité tampon est suffisante pour absorber les variations de température de soutirage. Il peut répondre aux consommations de pointes sur 10 minutes par exemple sans sur-dimensionner l'échangeur.

En semi-accumulation la capacité de stockage permet de couvrir en partie les besoins sur la consommation de pointe de quelques heures. Le stockage se reconstitue entre deux pointes

Ces installations comprennent généralement :

- un échangeur à plaques
- un ballon tampon
- un circuit primaire qui sert à alimenter l'échangeur de chaleur avec un débit constant et une température variable par l'intermédiaire d'une vanne 3 voies de mélange contrôlée par un régulateur de température associé à une sonde de température placée sur le circuit de distribution à la sortie de la production ECS.
- un circuit secondaire de l'échangeur de chaleur couplé au ballon tampon en by-pass et associé à une pompe de charge. La sortie de l'échangeur est reliée au réseau de distribution ECS desservant les différents points de puisage. L'entrée de l'échangeur sur le circuit secondaire est raccordée au réseau d'eau froide ainsi qu'également les retours de boucles.
- un thermostat de sécurité placé sur le ballon sert en cas de défaillance du système de contrôle de température notamment en cas de dépassement d'une température excessive de stockage (notamment au-delà de 62...65°C) d'agir sur le circuit primaire soit en fermant la vanne de régulation ou d'arrêter la pompe de circulation.



En période hors puisage, le seul débit en circulation sur le réseau de distribution ECS est celui correspondant au débit de la pompe de bouclage. La pompe de charge fait transiter l'eau du bouclage et l'eau du ballon au travers de l'échangeur à plaques. Celle-ci retourne pour une partie dans le ballon et pour une autre dans les boucles du réseau d'ECS (débit majoritaire)

Lors des périodes des consommations de pointe, l'eau chaude soutirée provient à la fois du ballon et de l'échangeur à plaques. L'alimentation d'eau froide qui vient en compensation de l'eau chaude consommée, transite en partie dans l'échangeur à plaques et pour le reste au travers du ballon tampon.

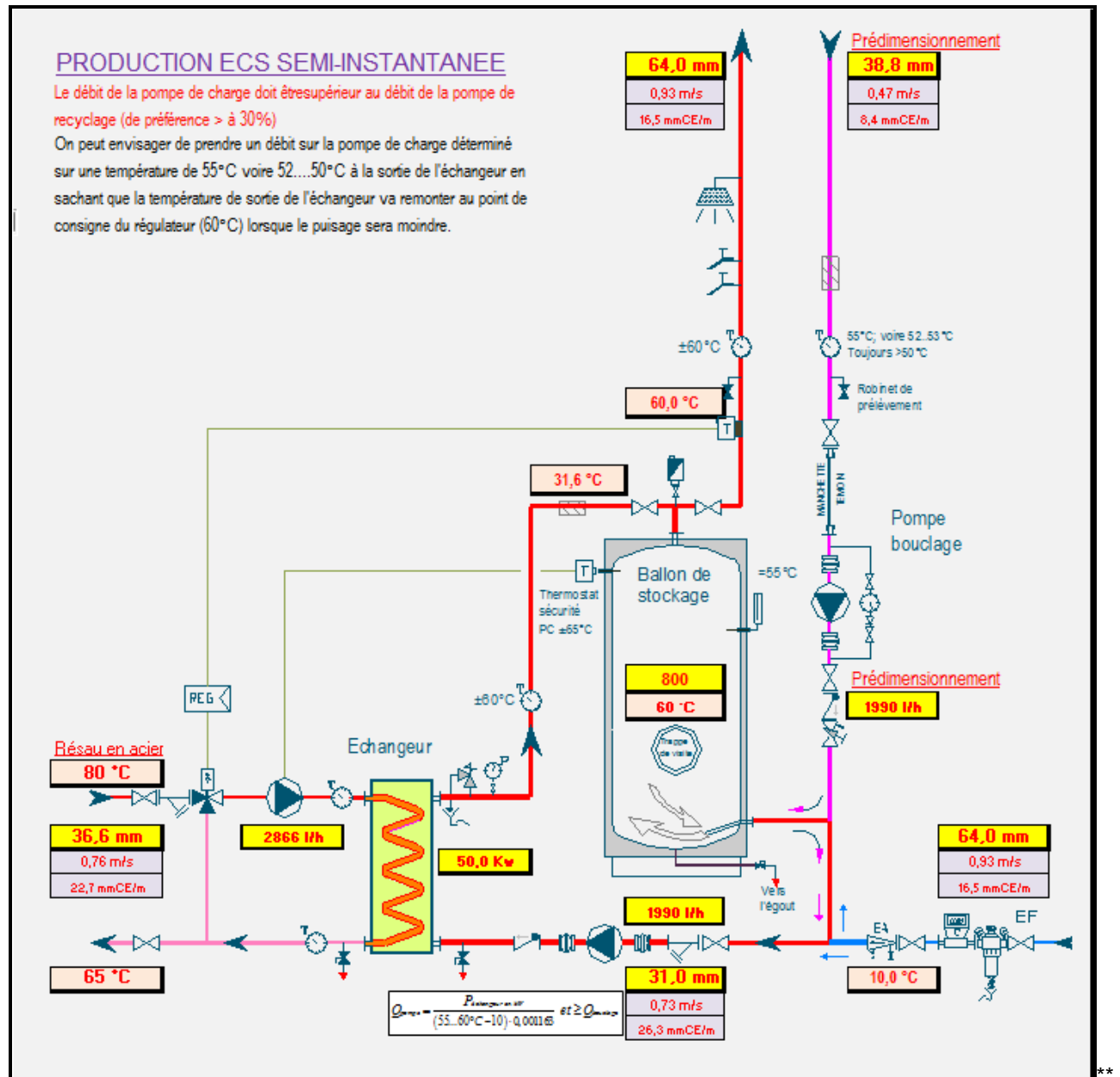
Durant cette période, l'eau recyclée au travers du bouclage va intégralement dans le ballon. En conséquence, le ballon se décharge de son eau chaude, l'eau se réchauffera de nouveau dans celui-ci quand le soutirage sera terminé.

Dans certains cas des dysfonctionnements peuvent exister dans des installations à semi-accumulation. En effet, la prise en compte à la fois des pertes de chaleur sur les circuits de distribution ECS et des contraintes d'équilibrage implique des débits de recyclage plus importants qu'auparavant. Il en résulte que le débit de recyclage peut devenir très supérieur au débit de la pompe de charge sur des installations en semi-accumulation à fort volume de stockage car la puissance thermique de l'échangeur peut être relativement faible au regard de la consommation de pointe contrairement aux systèmes de type semi-instantané.

Le débit d'eau traversant l'échangeur à plaques est alors minoritaire par rapport au débit traversant le ballon. Le ballon ne profite plus de la période hors puisage pour se recharger en eau chaude. Il en résulte que la température de départ ECS (échangeur + ballon) en période de pointe ne respecte plus la température de consigne et certaines boucles sont à une température inférieure à 50 °C

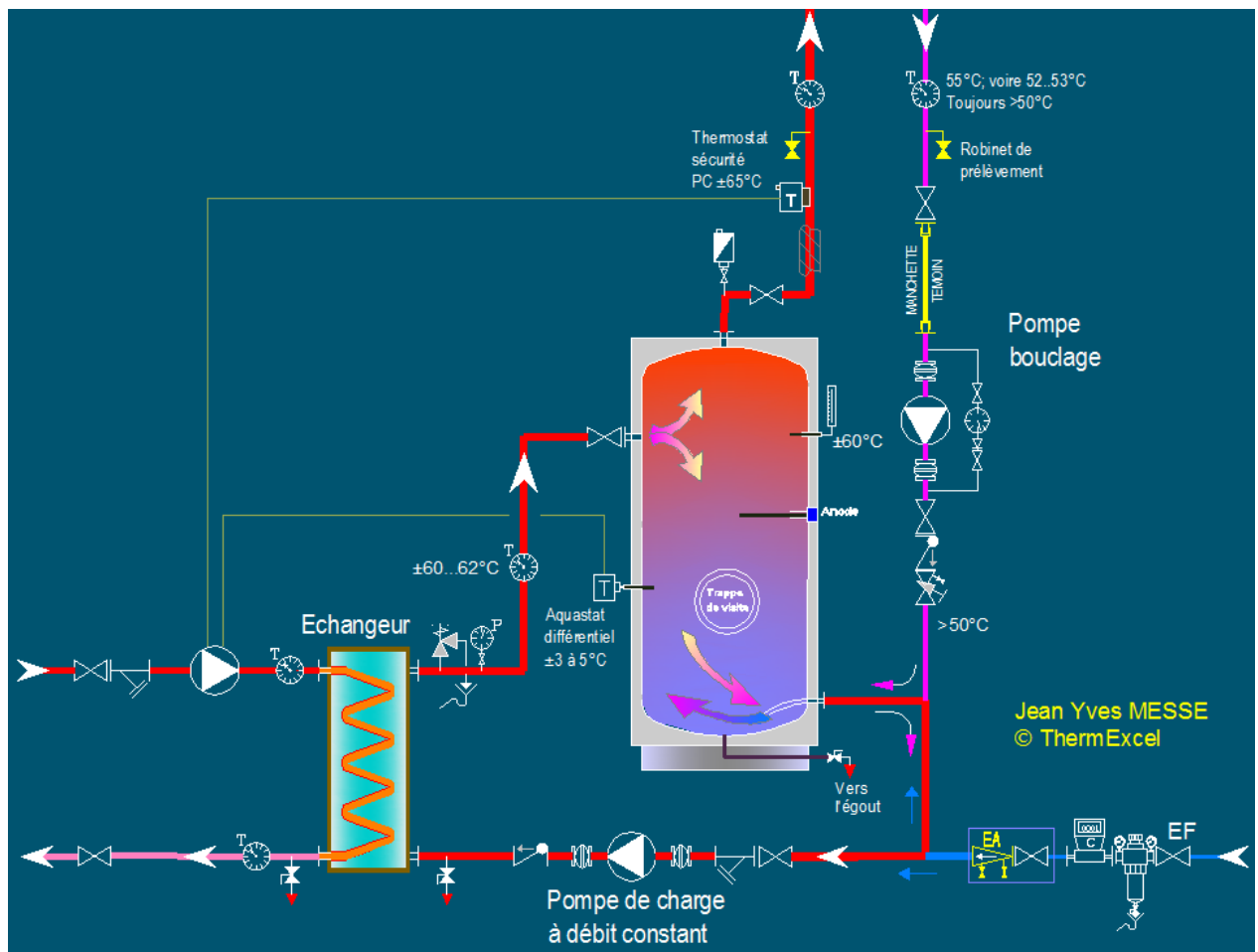
Pour éviter ce type de problème on peut envisager d'augmenter le débit de la pompe de charge pour qu'il soit supérieur (> à 30%) au débit de la pompe de retour de boucle. Par contre si on augmente fortement le débit de la pompe de charge un autre problème va apparaître lors des pointes de consommation d'eau. Par exemple si on a une puissance échangeur de 50 kW, le débit de la pompe de charge serait normalement de

860 l/h avec une entrée d'eau froide à 10°C et une sortie à 60°C. Si on doit doubler le débit de la pompe de charge on aura donc un débit de 1720 l/h mais comme la puissance de l'échangeur disponible restant globalement toujours la même, la température de l'eau à la sortie de l'échangeur sera par conséquent de 35°C et même après mélange avec le l'eau à 60°C dans le ballon l'eau chaude atteindra difficilement les 50°C, cela dit seulement sur les périodes durant les pointes de consommations.



Une autre solution envisageable dans ce cas là serait de modifier le point de régulation de la température et de la baser sur une prise de mesure dans le ballon. Un thermostat de sécurité doit aussi être mis en place en sortie du ballon afin de fixer une valeur limite de distribution pour éviter toute température excessive.

Lors des puisages, l'eau qui alimente les robinets provient de l'échangeur et du ballon. Hors puisage, le ballon se rechargera en eau chaude.



Consommation de pointe sur 10 mn

Le volume disponible de stockage d'eau chaude permet de faire face à une pointe de soutirage sur 10 mn par exemple. La partie du débit continu passe normalement par l'échangeur, le débit excédentaire passe par le réservoir sans être réchauffé.

Cette utilisation permet d'obtenir le cumul du débit de l'échangeur et du volume disponible dans le réservoir.

Période consommation de pointe horaire

Besoin maximum en eau sanitaire en dehors des pointes de soutirage sur 10 mn.

Le puisage est inférieur ou égal au débit de la pompe de charge, les besoins en ECS sont assurés par l'échangeur seul, Tout le débit d'eau froide transite dans l'échangeur afin d'être réchauffé à la température désirée pour être utilisé directement par l'intermédiaire du réservoir. Dans le cas contraire ou le débit de puisage est supérieur au débit de la pompe de charge le différentiel du débit d'eau froide transite dans le réservoir

Période hors consommation de pointe

Après un soutirage de pointe, la pompe de charge permet la remontée en température du volume de stockage, en effectuant un brassage d'eau et donc l'homogénéisation entre l'échangeur et le réservoir.

L'aquistat agit directement en TOR sur la pompe du circuit primaire, le fonctionnement est discontinu. La pompe de charge du circuit sanitaire fonctionne en continu.

Les retours de boucle de l'installation sanitaire sont recyclés dans le réservoir pour y être réchauffés.

Remarques

Ce type de montage réduit fortement la stratification de la température de l'eau chaude stokée dans le réservoir.

## Avantages & inconvénients




<b>Production ECS de type semi-instantané ou semi-accumulation</b>	
<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le volume du tampon permet d'absorber les pointes de la consommation d'ECS</li> <li>• Ce type de raccordement est conseillé avec des chaufferies vapeur type CPCU ou eau surchauffée</li> <li>• Variété des combinaisons possibles échangeur et ballon</li> <li>• La puissance pour la production ECS est réduite par rapport au système instantané</li> <li>• La surface à prévoir est très réduite</li> <li>• C'est le système le plus performant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La puissance à fournir par le chauffage est importante</li> <li>• Maintenance plus importante (pompes, nettoyage des éléments si la régulation n'est pas précise)</li> </ul>

## 9 - Générateur / Préparateur ECS avec échangeur intégré

### 9.1 - Préparateur ou générateur d'eau chaude sanitaire monobloc

Il existe sur le marché une très grande variété de préparateurs d'ECS de type monobloc.

La majorité des préparateurs d'eau chaude sanitaire sont pourvus chacun d'un réservoir de stockage avec un échangeur thermique en épingle, en serpentín, à faisceaux tubulaires ou autres. L'échangeur thermique du préparateur ECS est relié à un circuit de chauffage desservi à une chaudière, une pompe à chaleur, à des panneaux solaires thermiques. Le préparateur ECS peut être aussi associé à un générateur de chaleur (gaz, électricité, thermodynamique)

		
Préparateur ECS avec générateur de chaleur intégré fonctionnant au gaz	Préparateur ECS avec réservoir et échangeur à faisceaux tubulaires démontable	Préparateur semi-instantané avec réservoir inox et échangeur à serpentín intégré

Le stockage peut être important et couvre à la fois les besoins de pointes sur 10 minutes voire les consommations horaire sur 1 à 2 heures. La puissance thermique doit être suffisante pour permettre la remise en température du stock entre deux pointes

Chaque fabricant donne :

- la durée de réchauffage en minutes, le débit horaire continu en litres à une température donnée
- le volume disponible en 1 heure à une température donnée.
- la quantité d'eau consommée à chaque période de soutirage,
- la principale période de soutirage,
- le temps maximal entre 2 soutirages pour permettre le réchauffage du ballon.

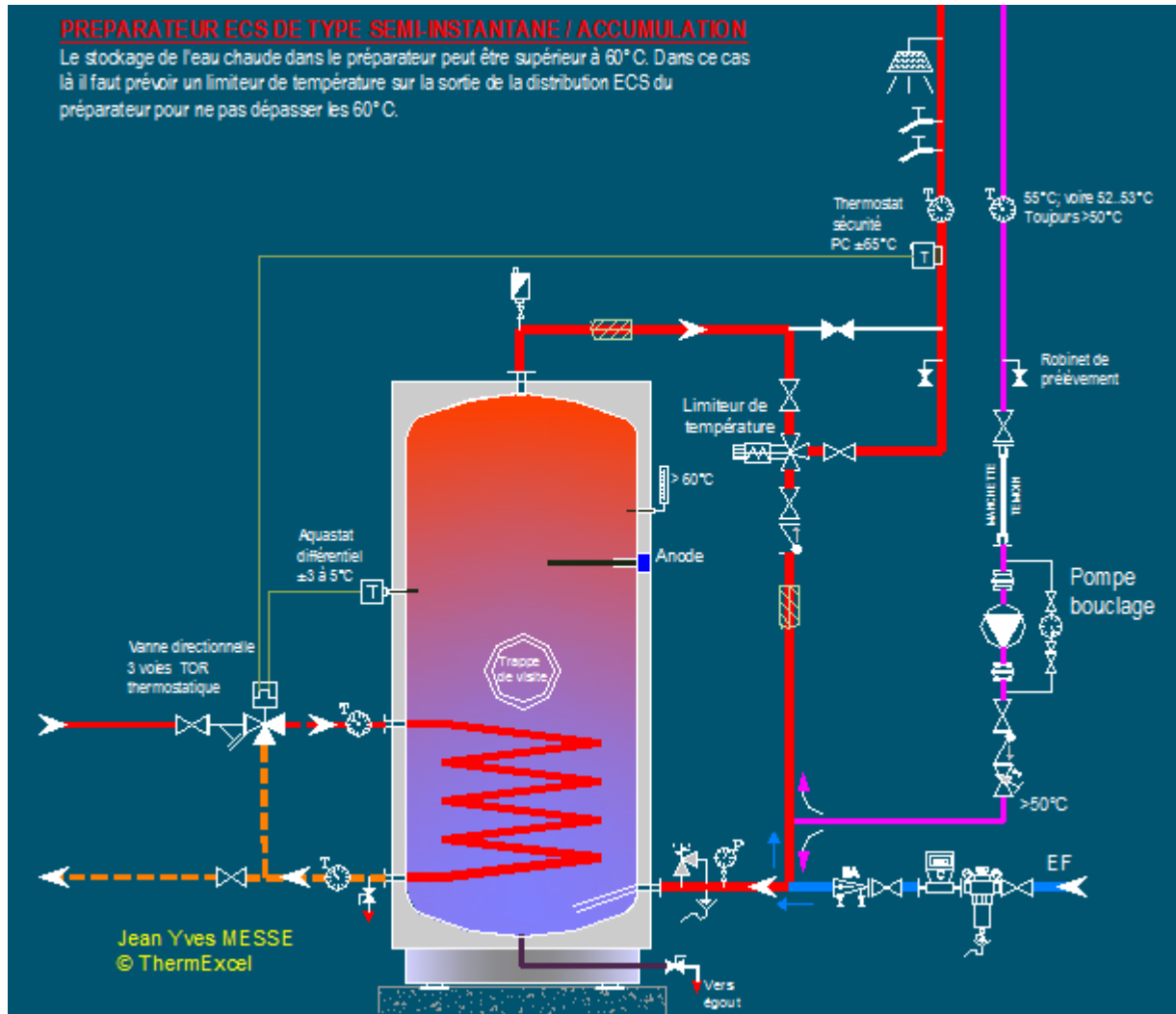
### Production ECS indépendante au gaz ou autre avec stockage ECS

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La production ECS est indépendante par rapport au chauffage</li> <li>• L'ECS est fournie en quantité à tout moment de la journée</li> <li>• Les frais d'entretien et de maintenance sont moins élevés par rapport à une chaufferie</li> <li>• L'installation est souvent plus près des points</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contraintes réglementaires dues au gaz (cheminée, ventilations, etc.)</li> <li>• Local chaufferie à prévoir si puissance supérieure à 70 kW</li> <li>• Entartrage lorsque la température est supérieure à 55 °C</li> <li>• Le débit en continu est inférieur à celui en</li> </ul>

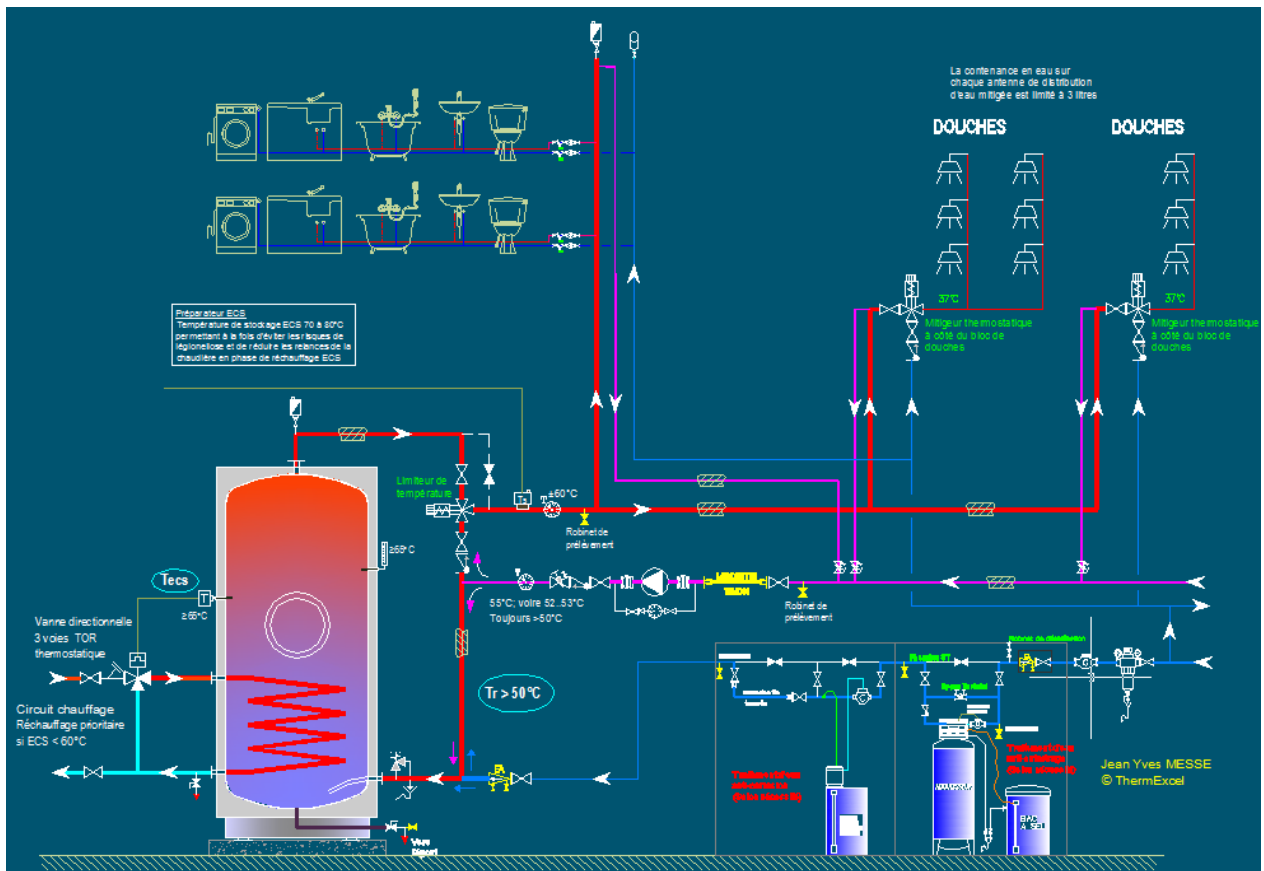


<p>de puisage et réduit donc les pertes en ligne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de relance pour les faibles soutirages</li> </ul>	<p>système instantané ou semi-instantané</p>
---	--

**9.2 - Exemple de schémas hydrauliques**



L'élévation de la température de l'eau dans le réservoir de stockage permet d'accroître la quantité disponible de la consommation d'eau chaude mais un peu au détriment de l'augmentation des pertes par les parois. Dans ce cas-là il faut prévoir la en place d'un mitigeur thermostatique en sortie du préparateur d'ECS permettant d'abaisser la température d'ECS distribuée (par exemple de 80 à 60°C



### 9.3 - Installation en batterie de plusieurs préparateurs ECS

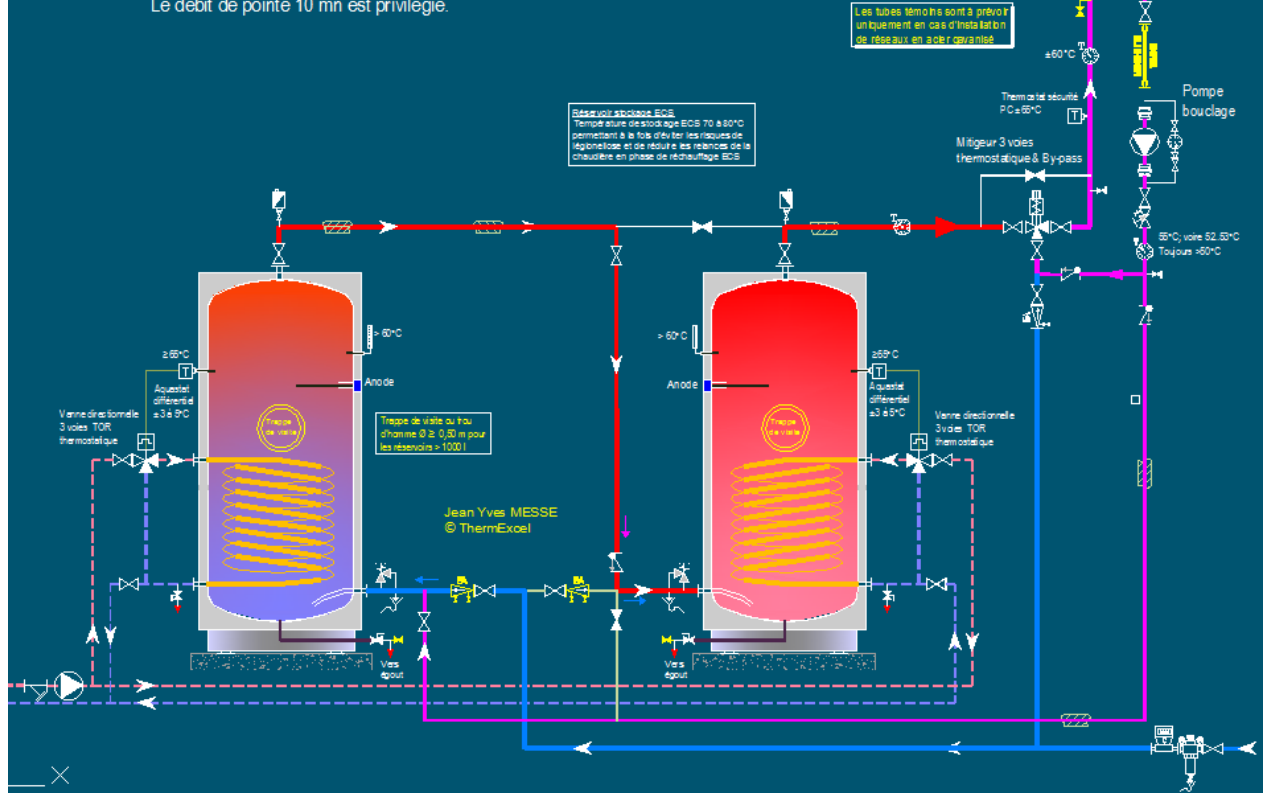
Dans le cas où il serait nécessaire d'installer plusieurs préparateurs ECS pour répondre aux besoins de la demande en eau chaude sanitaire de l'installation, le soutirage sur les préparateurs peuvent se faire sur le circuit de distribution ECS par montage hydrauliques en série ou en parallèle.

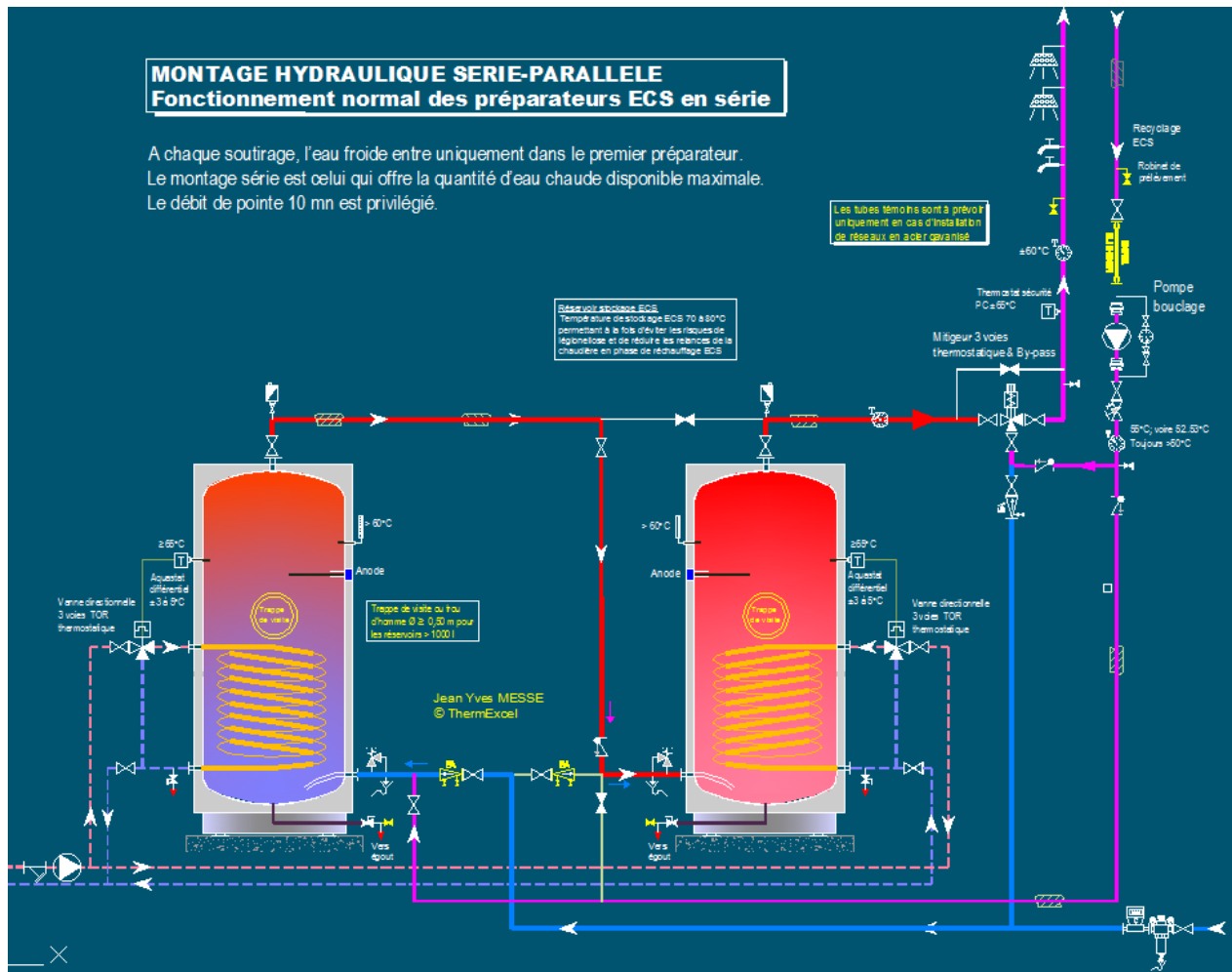
#### Montage hydraulique en série

Le montage série est celui qui offre la quantité d'eau chaude disponible maximale. A chaque soutirage, l'eau froide entre uniquement dans le premier préparateur. Le débit de pointe 10 mn est privilégié.

## MONTAGE HYDRAULIQUE SERIE-PARALLELE Fonctionnement normal des préparateurs ECS en série

A chaque soutirage, l'eau froide entre uniquement dans le premier préparateur.  
 Le montage série est celui qui offre la quantité d'eau chaude disponible maximale.  
 Le débit de pointe 10 mn est privilégié.

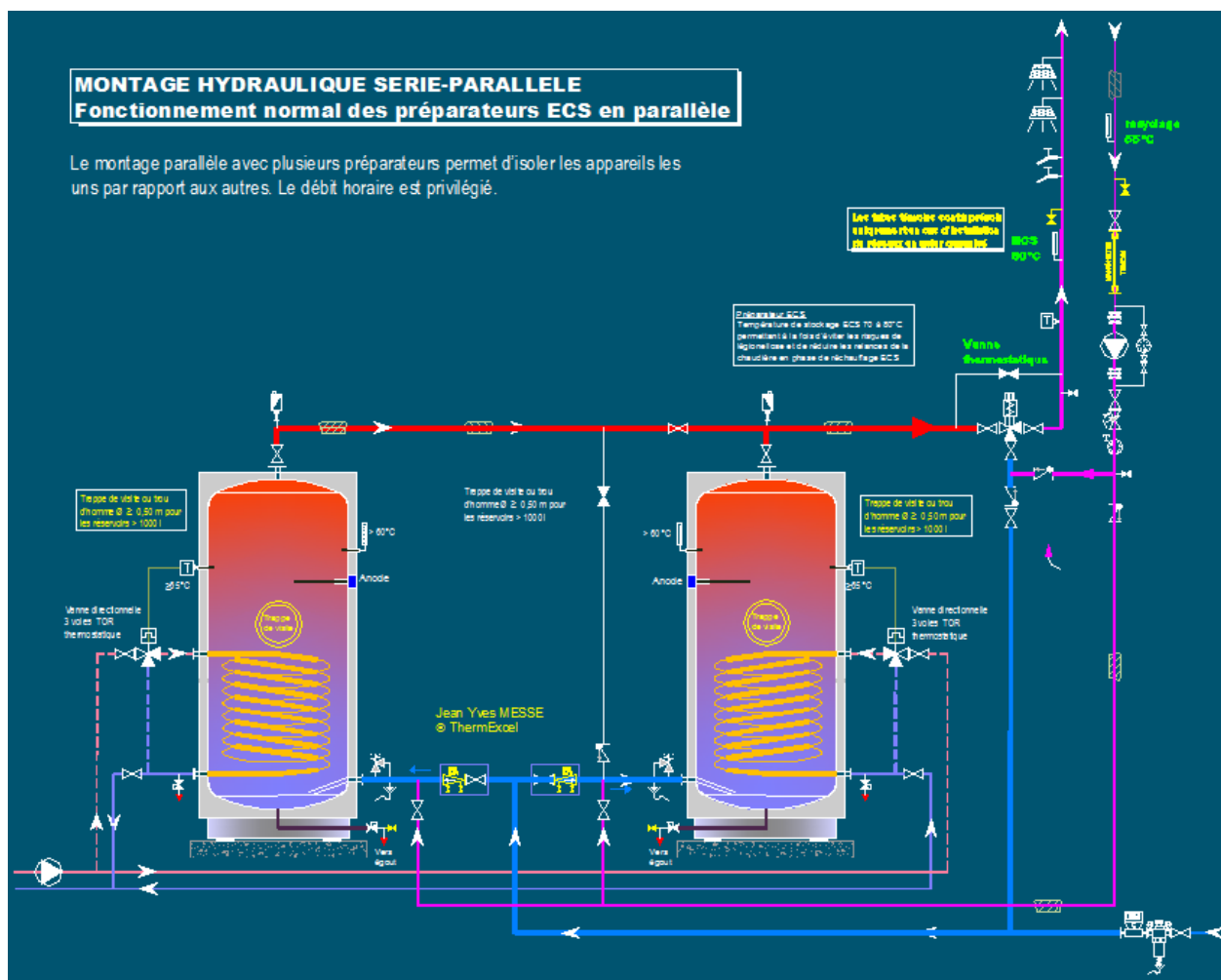




Montage hydraulique en parallèle

Le montage parallèle avec plusieurs préparateurs permet d'isoler les appareils les uns par rapport aux autres. Le débit horaire est privilégié.

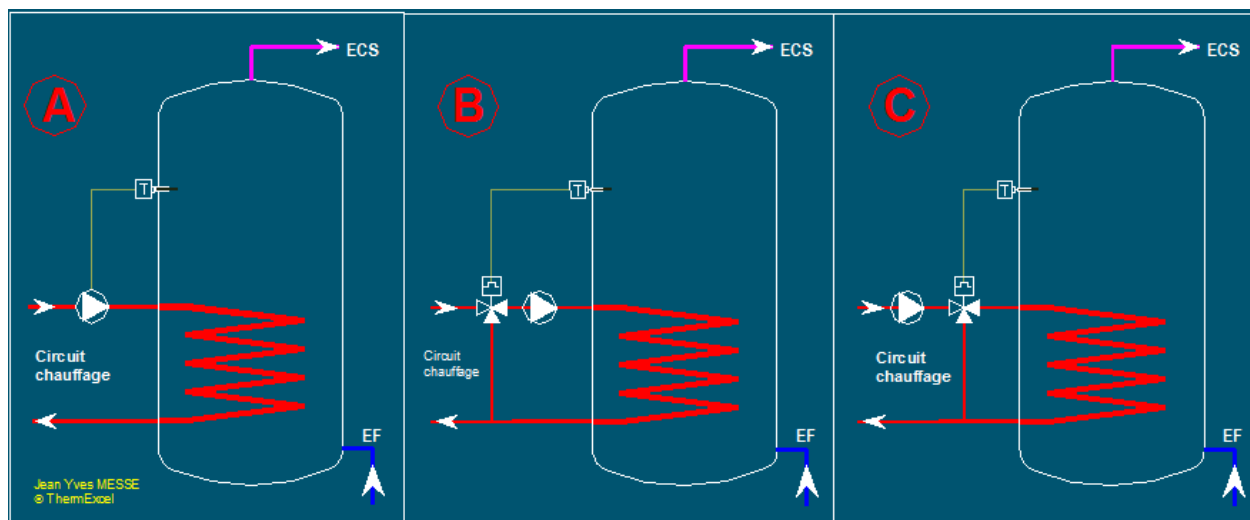
Avec des ballons en parallèle, il est nécessaire d'équilibrer les circuits pour éviter qu'un ballon soit vidé plus rapidement que les autres. Dans le cas contraire, on obtient de l'eau mitigée dès qu'un ballon est vide.



On préférera ainsi le branchement en série d'autant plus qu'il n'existe dans ce cas qu'une seule zone de transfert entre l'eau chaude et l'eau froide.

### 9.4 - Régulation & schémas de montage

Le circuit primaire est couramment monté en parallèle La régulation primaire des préparateurs avec échangeur afin d'alimenter tous les préparateurs avec une température peut s'effectuer selon trois principes différents : Température identique et d'obtenir la puissance maximale pour chacun d'entre eux.



- A / - Régulation thermostatique TOR à commande directe sur la pompe de charge du préparateur. Système très réactif. Bien adapté aux systèmes de production disposant d'une capacité de stockage qui permet d'éviter des cycles de marche à courte durée sur la pompe.
- B / - Pompe de charge avec vanne 3 voies et régulation de température variable et à débit constant. Il est bien adapté aux systèmes instantanés ou semi-instantanés,
- C / - Régulation par vanne trois voies montée en décharge. La pompe du circuit chauffage peut être commune à d'autres types de services comme le chauffage par exemple. Les deux échangeurs peuvent être alimentés en parallèle côté primaire avec une pompe de charge commune et une vanne de régulation de température sur chaque réservoir.

## 10 - Production ECS à accumulation

### 10.1 – Dimensionnement de la production ECS par accumulation

Avec le système à accumulation le stockage ECS représente la totalité de la consommation journalière. Ce système est plus adapté aux ballons électriques et ne présente pas d'intérêt dans les installations fonctionnant avec un générateur de chaleur fonctionnant au gaz ou autre.

Le manque de place et les risques de développement bactériens font que cette solution est de moins en moins utilisée en collectif.

En production ECS par accumulation, on a besoin :

- de satisfaire à la consommation maximum journalière,
- du stockage qui est utilisé au cours de la journée,
- d'un échangeur de chaleur pour reconstituer le stock au cours de la journée. La puissance thermique utile correspondant à la puissance de réchauffage entre 6 à 8 heures (période limitée du fait des heures creuses EDF ou des problèmes de simultanéité si chaudière)

#### Consommation journalière

L'évaluation des besoins en logement collectif est fondée sur la consommation moyenne journalière d'un logement, dit standard, de 160 litres d'eau à 55° C.

Un immeuble collectif est défini par nombre N de logements standards défini par la formule suivante :  $N = \text{Somme} (n \times C)$  où n représente un nombre de logements ayant un même équipement et Ce le coefficient de

correction correspondant. Le coefficient C est nécessaire pour tenir compte des disparités d'équipement avec le logement standard.

Pour les autres applications il faut se référer au tableau du chapitre 6.1.

### **Volume de stockage ECS**

Le volume du ballon de stockage est donné en litres par la formule suivante :

$$V_{ecs} \text{ (litres)} = \left( \frac{Q_j \text{ (litres)} \cdot \Delta T (60^\circ - 10^\circ C)}{(T_{stock} - 10^\circ C) \cdot C_{ef}} \right)$$

- $V_{ecs}$  = Volume de stockage ECS
- $Q_j$  = Débit d'eau chaude consommé (équivalent à 60°) durant la journée avec une température d'entrée d'eau froide à 10°C.
- $\Delta T$  = Ecart de température entre la température d'eau chaude consommée (équivalent à 60°) et la température d'entrée d'eau froide à 10°C.
- $T_{stock}$  = température de stockage de l'ECS dans le du ballon
- $C_{ef}$  = coefficient d'efficacité du stockage (valeur de 0,8 à 0,95 (de mauvaise à bonne Stratification))

## **10.2 - Puissance de l'échangeur**

L'ensemble des besoins journaliers est stockée. Le stockage d'énergie est reconstitué durant la nuit.

Dans certains cas particuliers, par exemple pour des problèmes d'encombrement, la température de stockage pourra être supérieure à 60° C tout en restant inférieure à 80° C.

Dans ce cas, la capacité totale des appareils sera au moins égale aux besoins maximaux à 60°C de la journée le plus chargé, minorés dans le rapport des différences de température, entre 60° C (eau chaude) et 10° C (eau froide).

La puissance électrique des résistances sera déterminée par l'expression suivante :

$$P \text{ (kW)} = \left( \frac{V_{ecs} \text{ (litres)} \cdot (T_{stock} - 10^\circ C) \cdot 1,163 \cdot 10^{-3}}{T \text{ (heures)} \cdot R \text{ (rendement)}} \right)$$

P : puissance en kW (En moyenne, la puissance est 10 à 12 W/litre de stockage ECS).

- $V_{ecs}$  : Volume de stockage de l'eau chaude sanitaire (en litres)
- $T_{stock}$  = température de stockage de l'ECS dans le du ballon,
- T : Temps de chauffe (en heures). Le réchauffage de l'eau s'effectue normalement en tarif de nuit,
- R : coefficient de rendement pour tenir compte des pertes d'énergie sur les ballons ECS

Nota : Les besoins ECS sont donnés sur une base de 55°C, La puissance « P » sera calculée sur un départ à 60°C permettant de couvrir les pertes thermiques ( $P_{dist}$ ) sur la distribution ECS. Dans le cas où l'installation est équipée d'un réchauffeur de boucle le volume de stockage ECS sera à minoré d'environ de 10%.

La plupart des fabricants de chauffe-eau électrique prévoient une puissance standard de l'ordre :

- 10 W/L pour une durée de réchauffage de 10 à 60°C sur 6 h ou de 10 à 80°C sur 8 h.
- 12 W/L pour une durée de réchauffage de de 10 à 70°C sur 6 h.

De plus, il faudra prévoir la mise en place d'un mitigeur monté entre vannes d'isolement 1/4 de tour et d'un clapet anti-retour sur l'arrivée d'eau froide. Ce mitigeur sera constitué par une une vanne thermostatique

réalisant le mélange de l'eau sortie du ou des chauffe-eau avec l'eau froide. Il sera situé en sortie du ou des chauffe-eau, immédiatement en amont de la boucle de circulation.

#### Exemple de dimensionnement de la production ECS en accumulation

Consommation ECS journalière (160 litres par logt standard)	Qs	16000 L
Température de l'eau de stockage		80 °C
Coefficient d'efficacité du stockage (Stratification de 80 % à 95% )	Cef	92 %
Volume utile de stockage ECS à prévoir	Vecs	12422 l
Temps de réchauffage de l'eau de stockage (normalement en tarif de nuit)	T	8,0h
Coefficient d'efficacité thermique (Perte de chaleur stockage)	R	90 %
Puissance thermique utile de réchauffage du stockage ECS	Ratio 11,3W/L	140,5 Kw

### 10.3 - Avantages et inconvénients

<b>ACCUMULATION Production électrique</b>	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>Le volume stocké permet des soutirages à heures variables</li> <li>Puissance de chauffage limitée, car la durée de reconstitution du stock est de plusieurs heures.</li> <li>Le rendement de génération est proche de 100 %</li> <li>Fonctionnement généralement en heures creuses ED donc coût de fonctionnement moins élevé.</li> <li>La maintenance est simplifiée</li> <li>Le coût d'installation est réduit</li> <li>Possibilité de production mixte avec les chaudières du chauffage en hiver, électrique l'été pour profiter du meilleur rendement et du meilleur prix des énergies.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Volume d'eau à prévoir important, correspondant à la demande journalière.</li> <li>La surface à prévoir est très importante pour la mise en place des ballons</li> <li>Pertes calorifiques au niveau des ballons de stockage</li> <li>Les coûts du kWh sont fonction des différents tarifs</li> <li>Risque sanitaire élevé, car le stock se refroidit au cours de la journée, il y a dans le ballon une zone tampon entre eau chaude et eau froide qui est propice au développement de légionnelles</li> </ul>

### 10.4 - Circuit de liaisons de la production d'eau chaude sanitaire

Il faut choisir des ballons de stockage qui favorise au mieux le phénomène de stratification (eau la plus chaude située en haut du ballon et disponible immédiatement en cas de besoin) et qui conserve au maximum la chaleur accumulée.

Cette stratification permet de disposer d'un volume d'eau chaude disponible plus important car le mélange d'eau est faible.

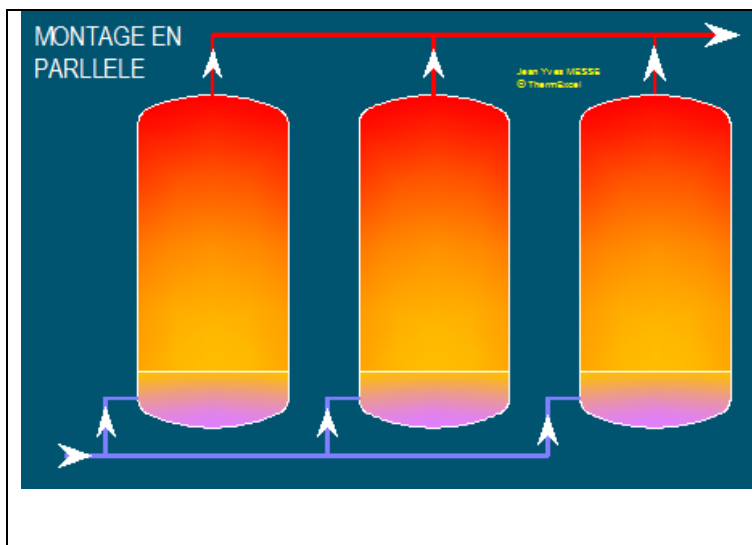
La vitesse d'injection d'eau froide doit rester inférieure à 0,6 m/s d'où la nécessité d'utiliser des diffuseurs et de bien dimensionner les piquages.

Afin d'obtenir le meilleur compromis entre les pertes thermiques et le phénomène de stratification, il est nécessaire de choisir un ballon ayant un rapport Hauteur / Diamètre proche de 2.

Plusieurs réservoirs de stockage peuvent être nécessaires pour répondre aux besoins des consommations en eau chaude sanitaire journalière.

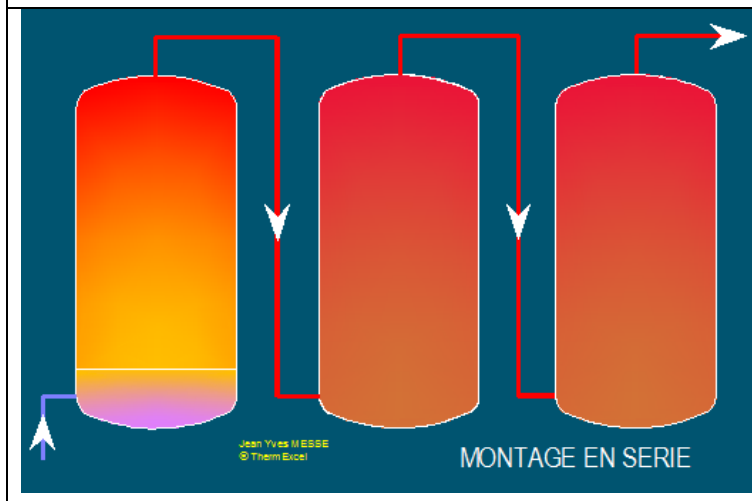
Il existe plusieurs montages hydrauliques possibles comme en série, parallèle, etc.





**MONTAGE EN PARALLELE**

Le montage en parallèle avec plusieurs réservoirs ECS permet d'isoler chaque réservoir les uns par rapport aux autres.  
 Le débit horaire est privilégié



**MONTAGE EN SERIE**

A chaque soutirage, l'eau froide entre uniquement dans le premier réservoir.  
 Le montage est celui qui offre la quantité d'eau chaude disponible maximale.  
 Le débit de pointe sur 10 mn est privilégié..

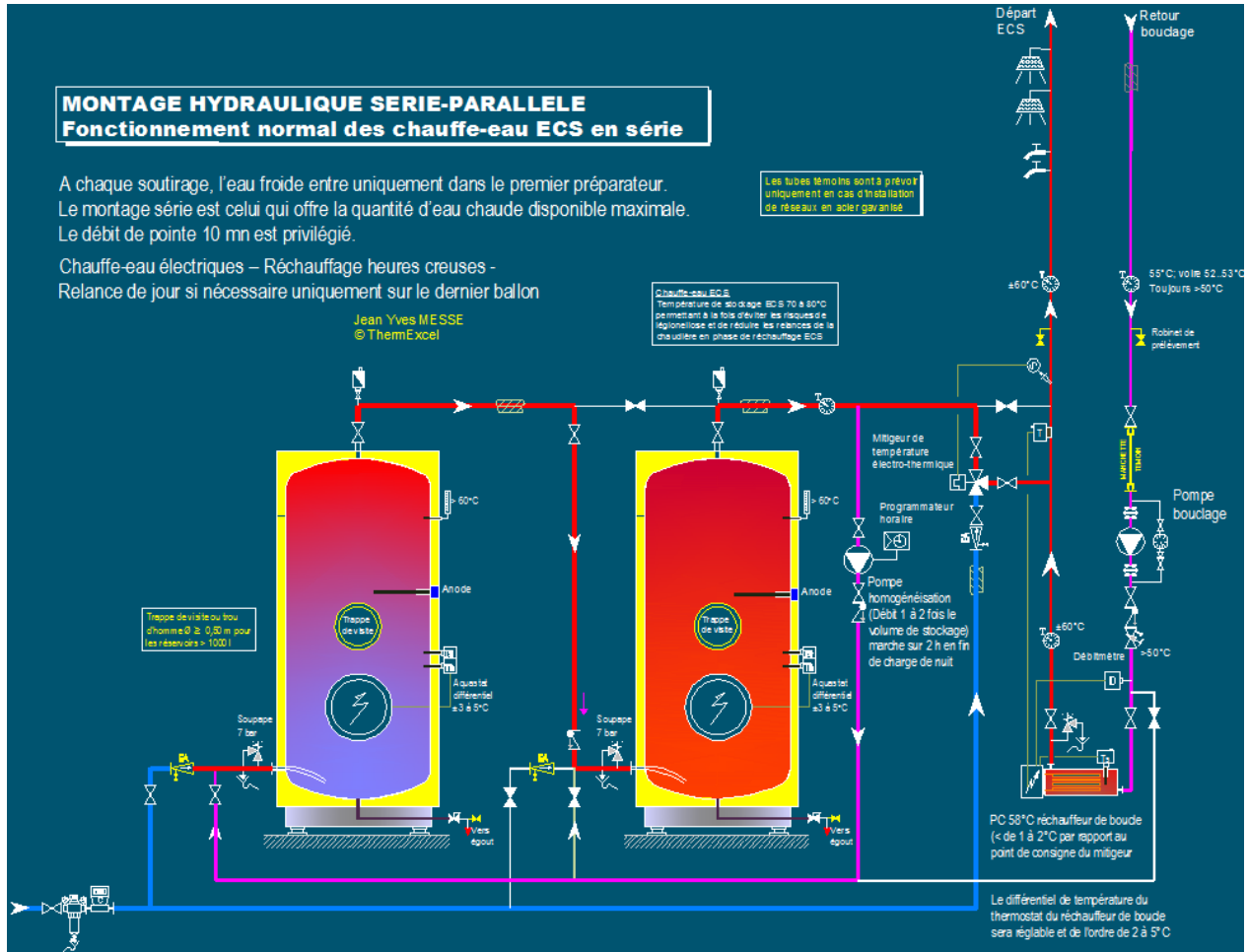
Si tout le volume stocké est nécessaire journalièrement, que l'on soit en série ou parallèle ne changera ni la consommation ni la puissance électrique.

Dans le cas où il existe plusieurs ballons de stockage d'ECS, le soutirage (ou l'alimentation) en série ou en parallèle ne posera dilemme que si le volume total de stockage n'est pas utilisé dans la journée.

La consommation électrique est identique, que l'on réchauffe deux demi-ballons ou un ballon entier, par contre la puissance électrique nécessaire est deux fois plus importante dans le cas du réchauffage de deux demi-ballons.

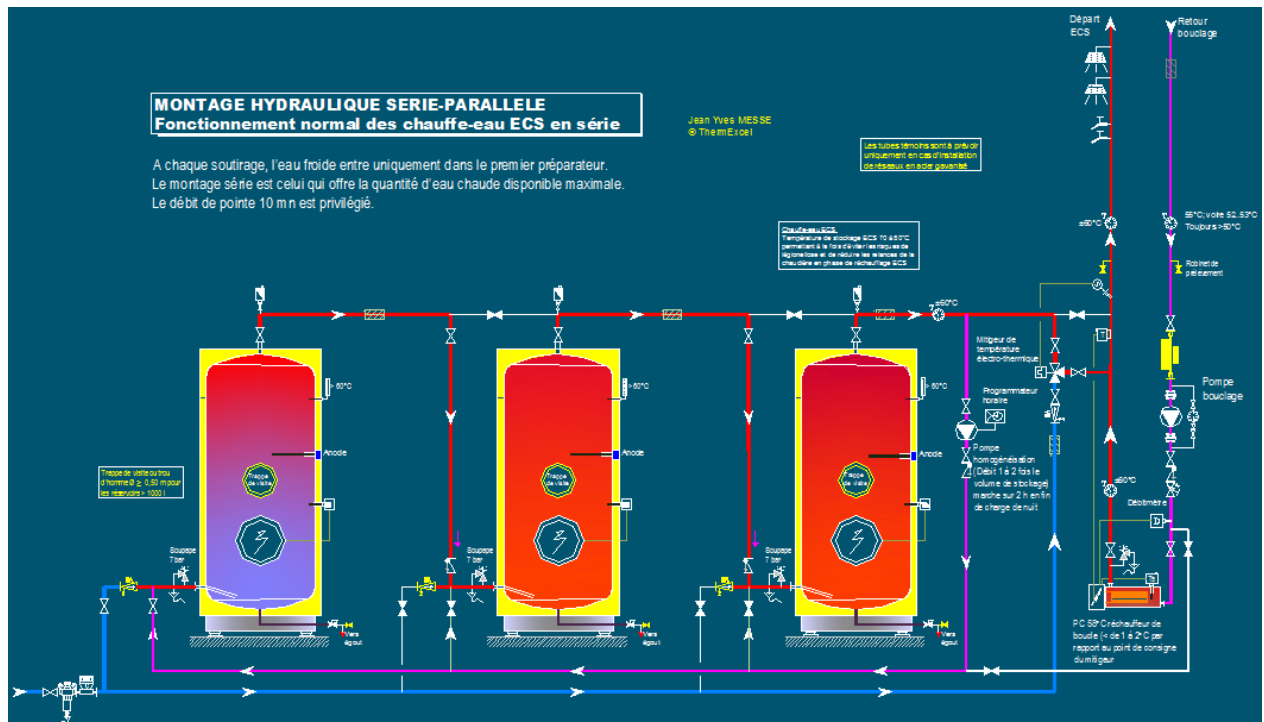
En effet, si la demande d'ECS est variable, cas des hôtels par exemple, avec un soutirage en série, un seul ballon peut parfois suffire aux besoins. La puissance nécessaire au réchauffage est alors de la moitié de la puissance ECS : un seul ballon est mis en route. Cela peut être intéressant dans le cas de délestage.

Un raccordement en parallèle multiplie les volumes interfaces eau chaude/eau froide à des températures intermédiaires, il est donc nécessaire d'équilibrer hydrauliquement les circuits pour éviter qu'un ballon soit vidé plus rapidement que les autres. Dans le cas contraire, on obtient de l'eau mitigée dès qu'un ballon est vide. On préférera ainsi le branchement en série d'autant plus qu'il n'existe dans ce cas qu'une seule zone de transfert entre l'eau chaude et l'eau froide.



Dans le cas présent, les deux ballons sont raccordés en série. Pour la maintenance ou la sécurité de fonctionnement de l'installation, des by-pass sont prévus permettant d'isoler chaque chauffe-eau pour fonctionner avec n'importe quel ballon de stockage en cas de défaut sur l'un d'entre eux.

Sur l'arrivée d'eau froide de chaque réservoir il faut prévoir une soupape de sécurité.



## 10.5 - Pompe d'homogénéisation

Afin d'assurer une température homogène en fin de chauffe dans un ballon ou dans plusieurs ballons montés en série, il est recommandé d'installer une pompe de circulation. Cette pompe, indépendante du circuit de bouclage, fait circuler l'eau chaude sanitaire depuis le haut du ballon, sur la tuyauterie de départ ECS, jusqu'en en bas du ballon, sur la tuyauterie d'arrivée d'eau froide.

La pompe est dimensionnées de manière telle que le débit permette de brasser le volume des ballons de stockage de l'ordre 1 à 2 fois par heure sur environ 2 heures avant la fin de la période réchauffage de nuit en "heures creuses" par l'intermédiaire d'un programmeur horaire.

Installer une pompe d'homogénéisation permet de récupérer les volumes morts situés sous la résistance et donc de stocker 10 à 20% en plus d'eau chaude sanitaire durant la nuit.

## 10.6 - Relance en journée

Si une relance est nécessaire en journée, une bonne gestion de cette relance doit être réalisée :

- Seul le dernier ballon devra être réchauffé.
- L'enclenchement sera asservi à un seuil de température.
- Un délesteur pourra interrompre la charge durant les heures de pointe (limiter la pointe de puissance du bâtiment).

## 10.7 - Réchauffeur de boucle

Quand l'eau de retour de boucle est réintroduite en amont du système de production d'ECS ceci tend à détruire la stratification de la température de l'eau chaude dans la partie supérieure du ballon.

Pour conserver la stratification de l'eau de stockage durant la journée on peut prévoir la mise en place d'un réchauffeur de boucle. Ce dispositif entraîne des consommations en électricité non négligeables, et en bonne partie au tarif de jour.

La résistance électrique du réchauffeur de boucle est contrôlée par un thermostat placé sur le départ de la boucle au moins à 0,5 mètre du réchauffeur et en aval sur la sortie du mitigeur s'il existe. Le différentiel du

thermostat doit être suffisamment élevé (2 à 4 C) pour éviter des mises en marche intempestives de la résistance chauffante.

Si le thermostat serait placé en amont du mitigeur, lors des faibles soutirages ceci engendrerait une relance de fonctionnement inutile du réchauffeur de boucle et donc à une instabilité de la température de soutirage, ce d'autant plus que la capacité en eau des canalisations de distribution ECS est importante au regard de la quantité soutirée.

En outre pour éviter que le réchauffeur de boucle fonctionne inutilement lors des soutirages il faut que le point de réglage du thermostat du réchauffeur de boucle soit un peu en dessous de la consigne du mitigeur d'eau s'il existe, ou de la consigne du stockage dans le cas contraire.

Le débit de bouclage d'eau est déterminé souvent sur une chute de température de 5 K, cette chute de température rapportée à une puissance de chauffe de 1 kW donne un débit à 172 l/h.

Pour s'assurer que le débit d'eau transite suffisamment dans le réchauffeur de boucle, un contrôleur de débit placé en sécurité coupant l'alimentation des résistances de boucle est loin d'être superflu car un arrêt de la circulation d'eau peut produire des vaporisations nuisibles aux résistances comme notamment lors des pointes de consommation d'ECS.

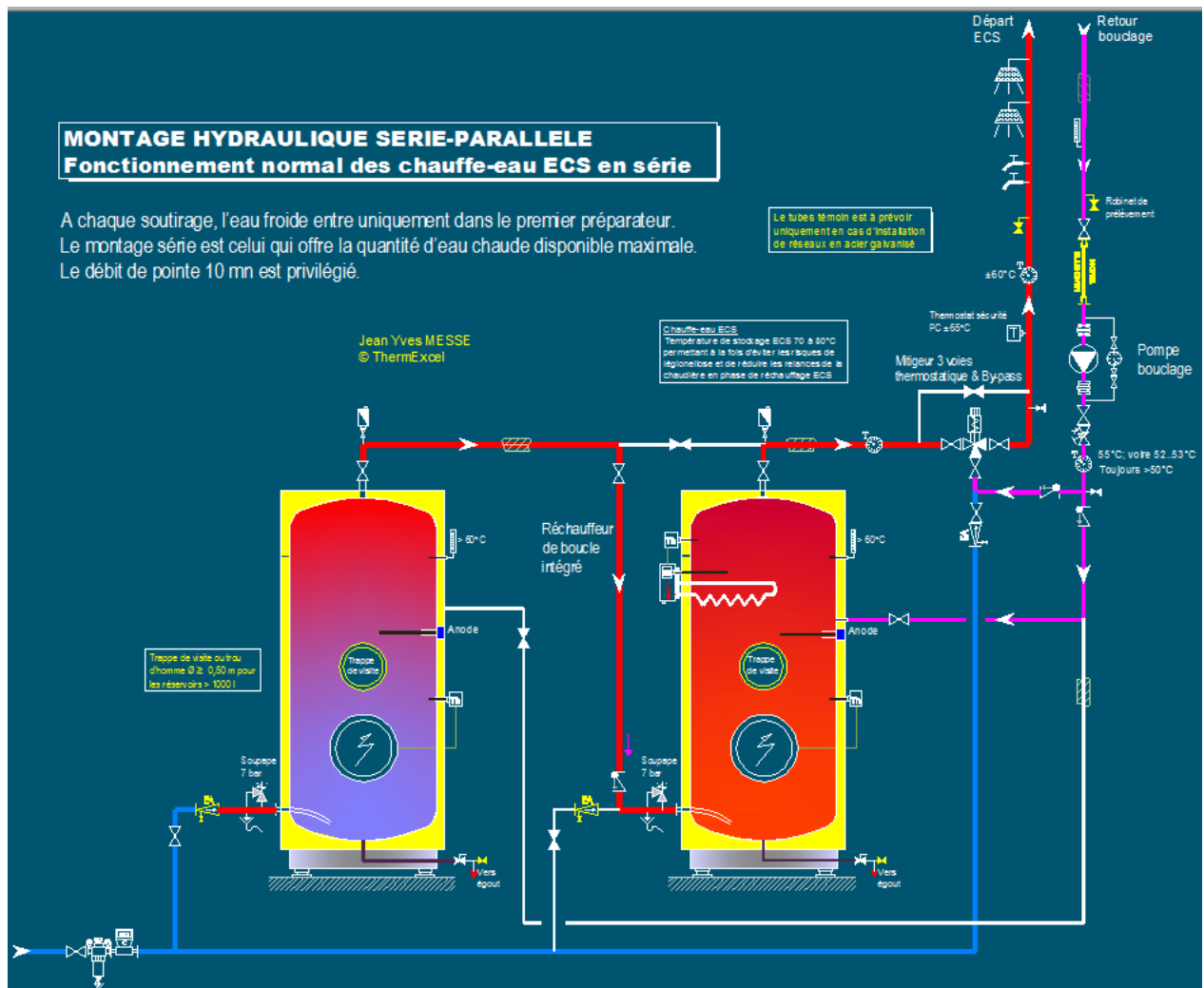
## **10.8 - Bouclage avec le retour en amont de la production ECS**

Lorsqu'il a soutirage dans un chauffe-eau électrique, l'eau chaude consommée est remplacée par de l'eau froide admise en partie basse. Quand le bouclage est raccordé en bas du ballon, on réinjecte de l'eau encore chaude (la chute température sur une boucle est de l'ordre de 5 à 7°C) dans de l'eau froide, et on crée un courant qui va avoir tendance à mélanger toute l'eau du ballon et donc à le refroidir.

Si le retour de boucle est raccordé en partie haute du réservoir, on injecte de l'eau plus froide que celle du stockage dans la partie haute, et on détruit aussi le principe de la stratification. L'énergie nécessaire au réchauffage de la boucle est prélevée sur l'eau chaude accumulée dans le dernier ballon ce qui entraîne un abaissement de la température dans celui-ci.

Si l'on veut éviter des relances de jour qui ne sont pas forcément utiles suivant la température de l'avant-dernier ballon il faut vérifier que l'énergie du dernier ballon situé en aval est suffisante par rapport à l'énergie prélevée sur le bouclage hors soutirage. A noter qu'une température de stockage à 80°C par exemple permet d'atténuer les relances de jour.

Pour pallier partiellement à ce problème on peut prévoir un appareil équipé de 2 résistances chauffantes sur le dernier chauffe-eau en série. La résistance chauffante en bas du réservoir permet d'assurer le réchauffage du stockage d'eau durant la nuit en heures creuses à tarif réduit, alors que la résistance chauffante située en partie haute du réservoir peut à la fois assurer le réchauffage du retour de boucle en cas d'abaissement de température en deçà de 60°C en haut du réservoir notamment en période hors puisage ou d'assurer le cas échéant une relance de jour en cas de besoin. Une mise en marche simultanée des deux résistances ne sera pas autorisée pour ne pas accroître la puissance électrique à souscrire.



## 10.9 - Le traçage électrique (Rubans chauffants)

Afin de compenser cette chute de température, il peut être placé des rubans chauffants pour le maintien de la température sur les réseaux de distribution d'eau chaude sanitaire. Dans cette technique on intercale un ruban ou câble chauffant autorégulant ou à puissance variable entre la canalisation et son calorifuge.

La résistance de ce câble autorégulant va augmenter de façon proportionnelle à sa température de surface du fluide tracé et donc le courant traversant le câble va diminuer ainsi que la puissance de chauffage à mesure que la température augmente pour s'autoréguler à une valeur d'équilibre.

L'intérêt principal de cette technique est la suppression :

- de la boucle de retour d'eau, d'où réduction de la puissance des pertes d'énergie thermique,
- de la pompe de circulation d'eau du bouclage, d'où réduction de la consommation électrique ainsi que du coût d'entretien de cette pompe.

Ce système a aussi pour autre avantage de ne pas participer à la destruction de la stratification de température du système de stockage d'eau chaude. Par contre considérer que l'autorégulation du ruban chauffant permet d'assurer un fonctionnement économique n'est pas forcément juste notamment quand les réseaux de distribution ECS sont sollicités sur de faibles débits durant de longues périodes, ou lorsque la température de l'eau de stockage est particulièrement basse en fin de journée.



## 11 - EXEMPLES DE SCHEMAS HYDRAULIQUES

Production ECS par l'intermédiaire d'un préparateur d'eau chaude avec 2 circuits de distribution ECS

