



**« Objectif 105%<sup>®</sup> » de rendement**  
Et si toutes nos chaufferies condensaient !

Webinar Cegibat // 27 janvier 2021

**CEGIBAT**  
L'expertise efficacité énergétique de GRDF

# Pourquoi CEGIBAT réalise un webinar sur ce sujet ?

## Tout le monde sait faire et pourtant...

- ➔ La performance n'est pas toujours au rendez-vous
- ➔ Beaucoup de chaufferies n'ont aucune chance de condenser un jour

### Pourquoi ?

Des questions d'hydraulique, des choix peu judicieux, des montages sans concertation avec un BET, un manque de commissionnement... Finalement tout le monde le sait mais ça va mieux en le disant.



# Principe de la condensation

RAPPEL

Combustion  
stœchiométrique

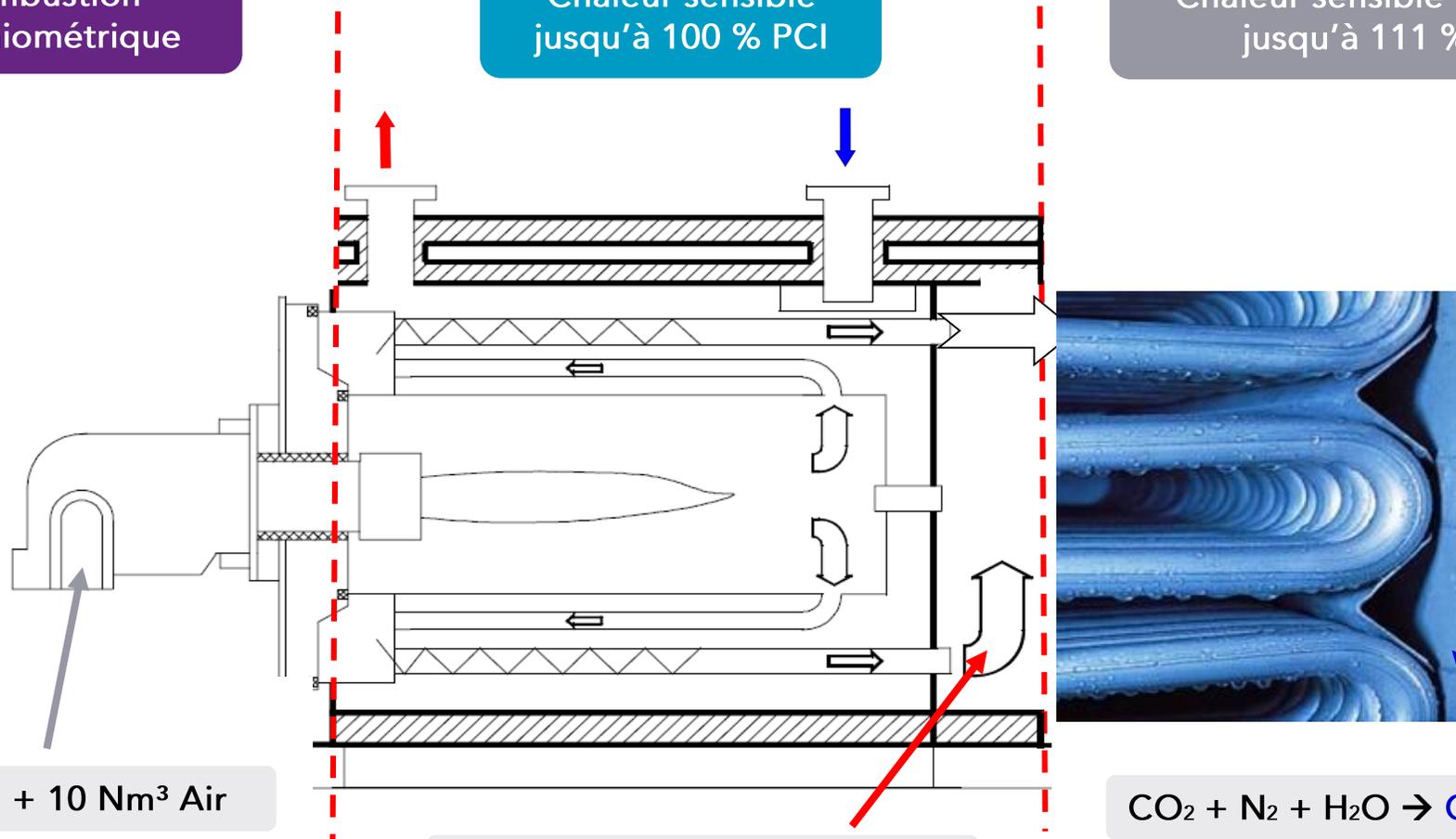
Chaleur sensible  
jusqu'à 100 % PCI

Chaleur sensible + latente  
jusqu'à 111 % PCI

1 m<sup>3</sup> Gaz Nat. + 10 Nm<sup>3</sup> Air

CO<sub>2</sub> + N<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O → Vapeur

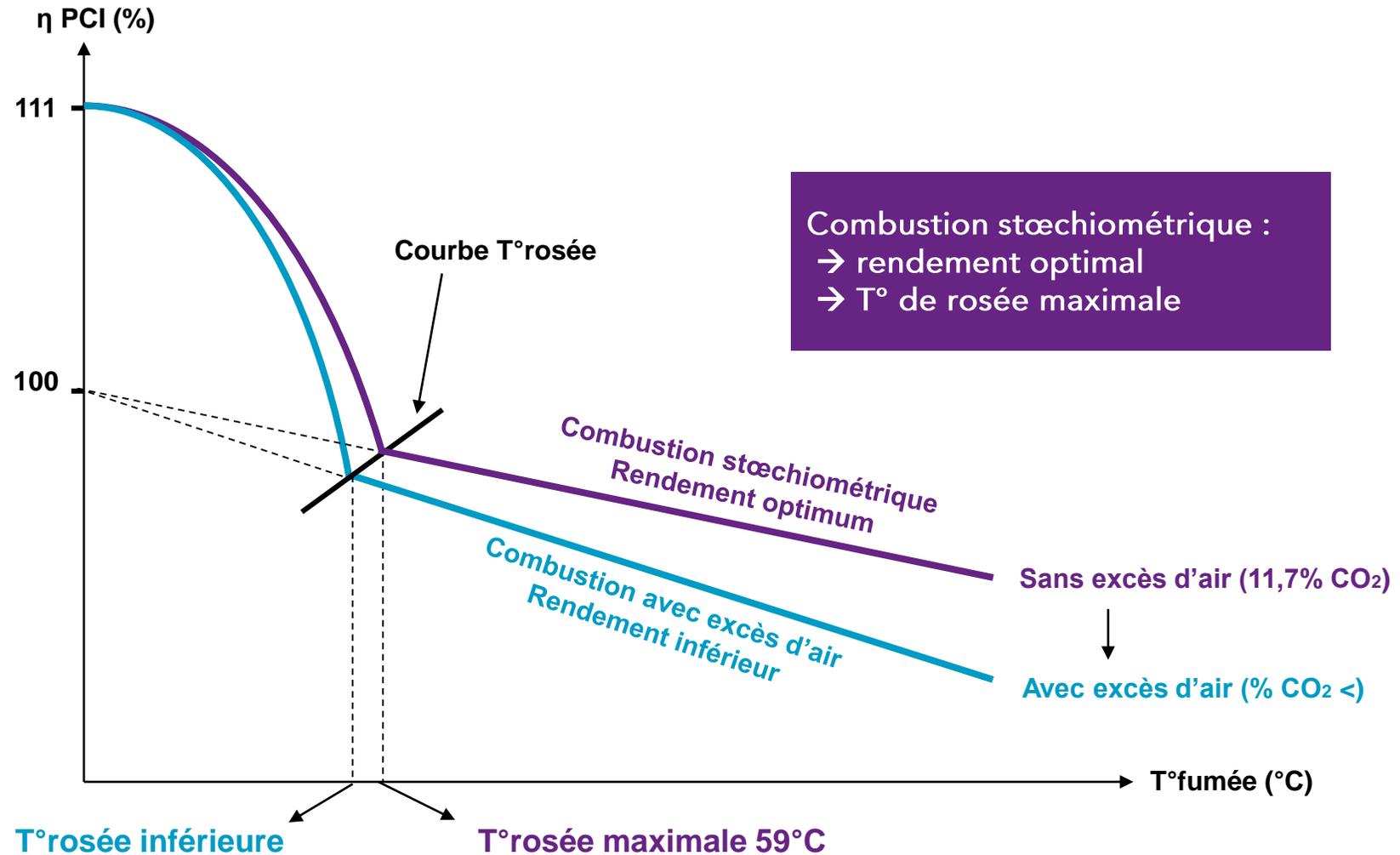
CO<sub>2</sub> + N<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O → Condensats



# Principe de la condensation

RAPPEL

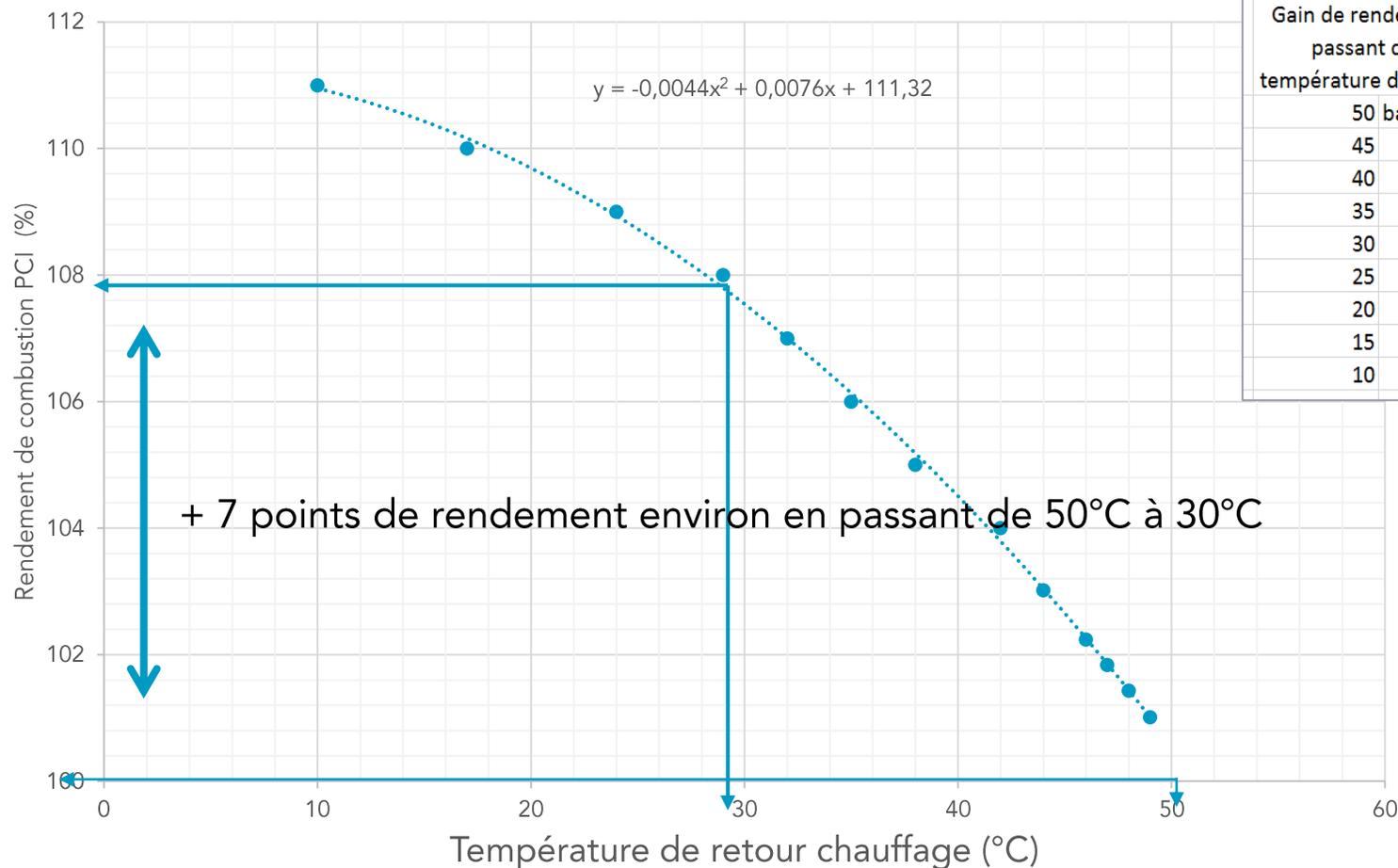
On parle souvent d'une température de retour inférieure à 55°C



Combustion stœchiométrique :  
→ rendement optimal  
→ T° de rosée maximale

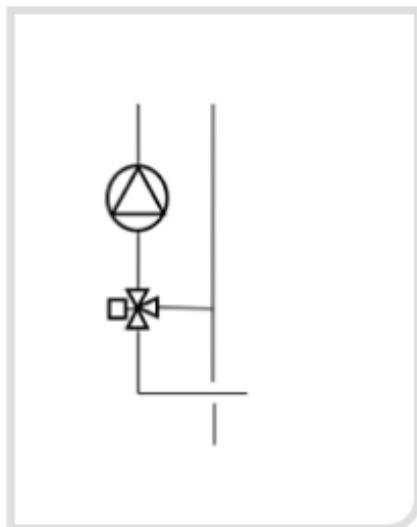
# Plus le retour est froid, meilleur est le rendement

Evolution du rendement de combustion PCI en fonction des températures de retour chauffage

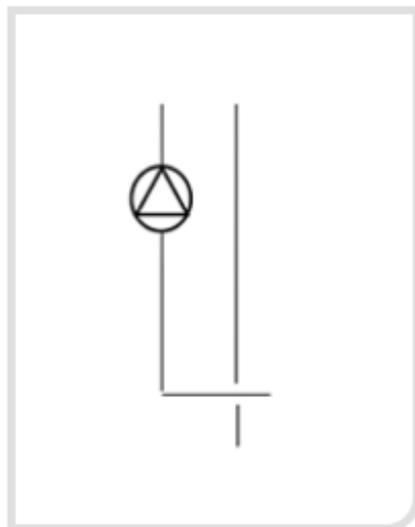


Et plus la température est basse, mieux c'est.

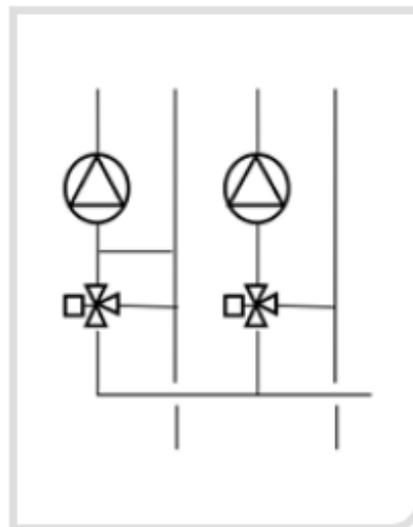
# Quels sont les départs de chauffage possibles ?



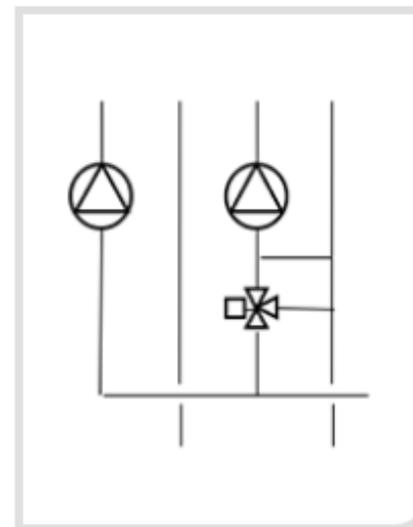
Régulé avec une pompe et une vanne 3 voies



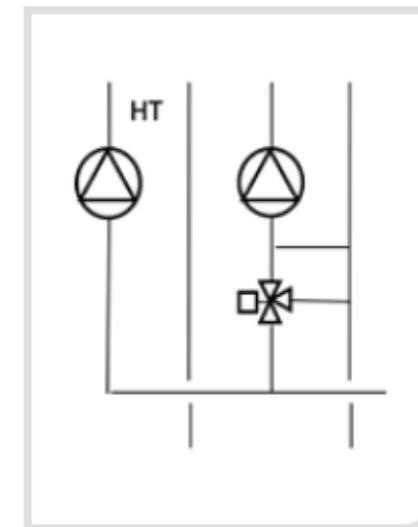
Régulé par la température de consigne de la chaudière



Régulés chacun avec une pompe et une vanne trois voies



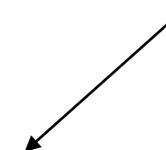
L'un régulé avec une pompe et le second avec une pompe et une vanne 3 voies



Départ haute température non régulé, ou au moins constant et continu haute température

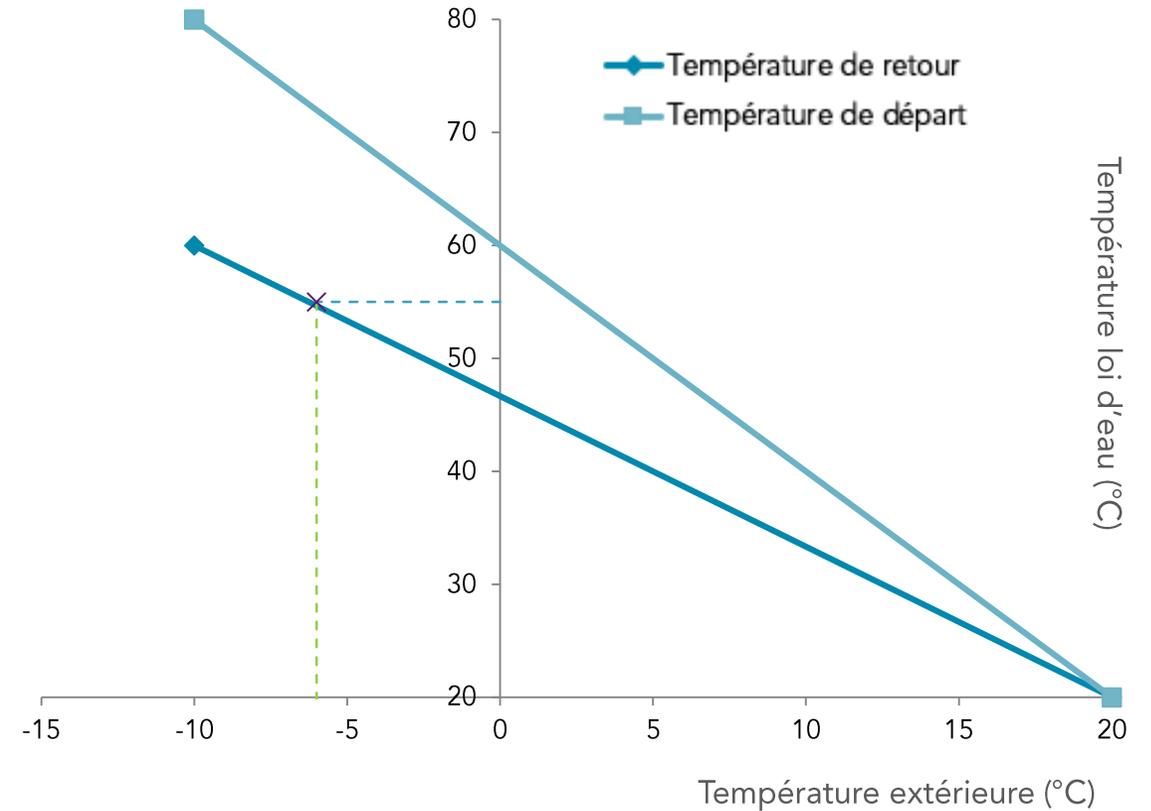
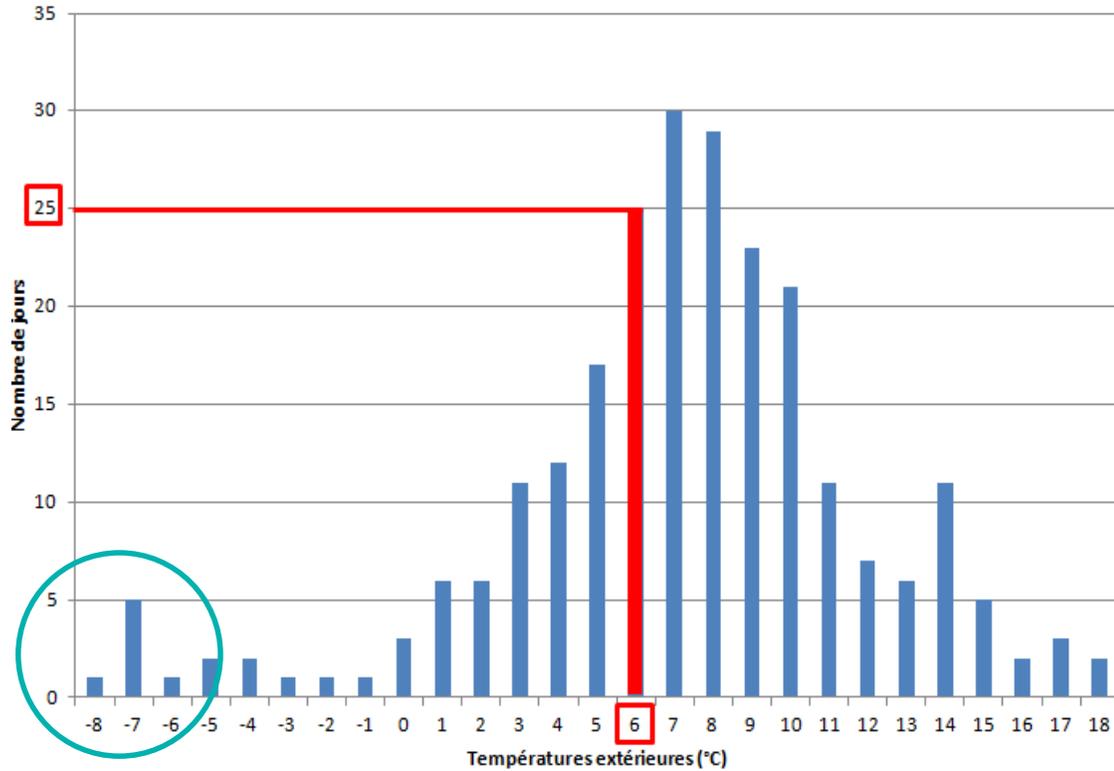


Attention aux départs haute température (sous stations, CTA, ...)



# Mettre des lois d'eau

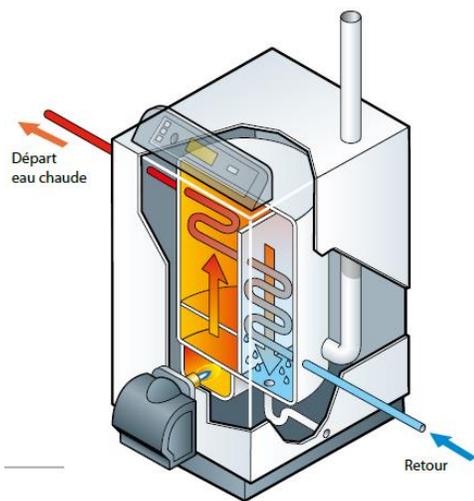
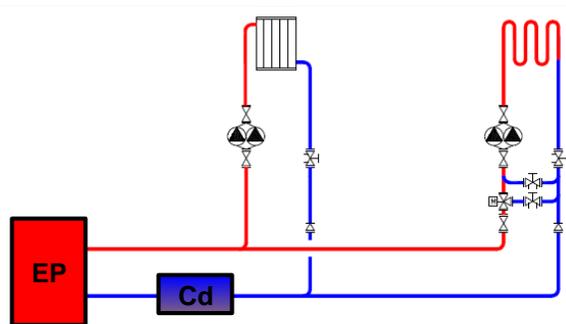
CONSEIL



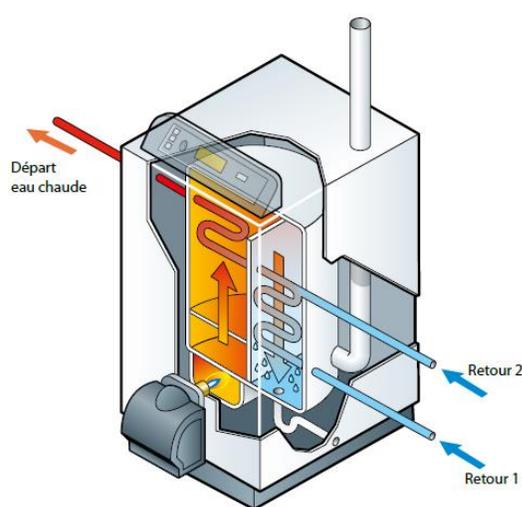
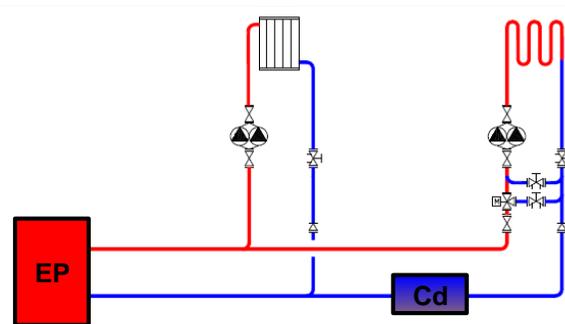
Or sur un hiver on a beaucoup plus de jours autour de 6°C que de jours à -6°C

# Bien choisir sa chaudière en fonction de ses départs

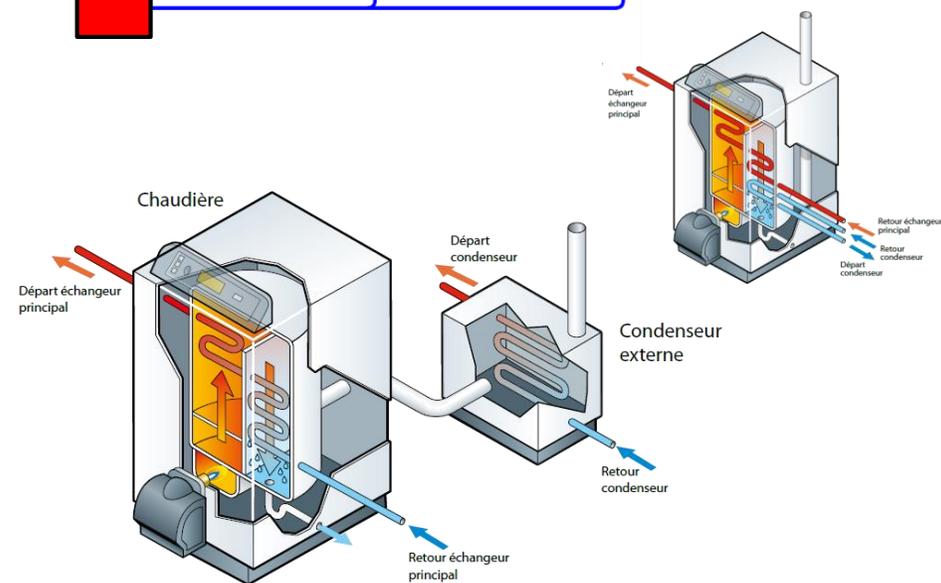
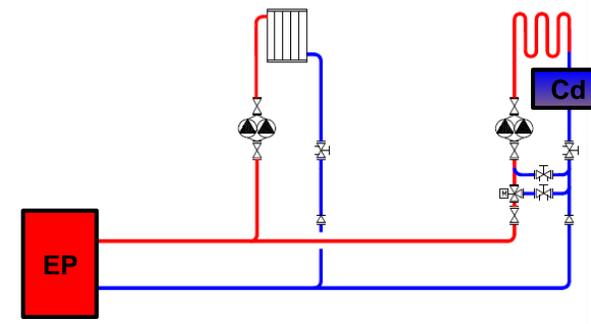
2 piquages



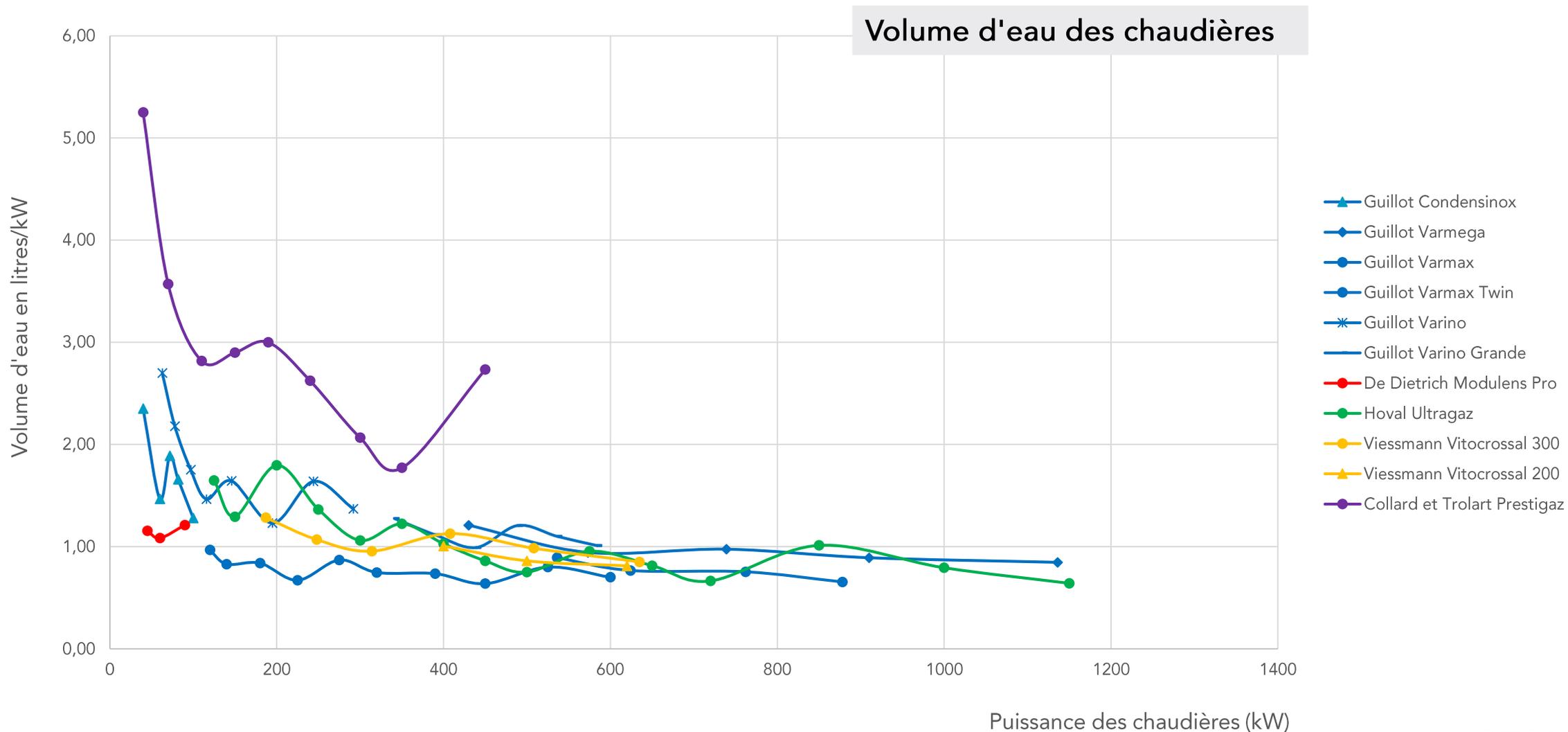
3 piquages



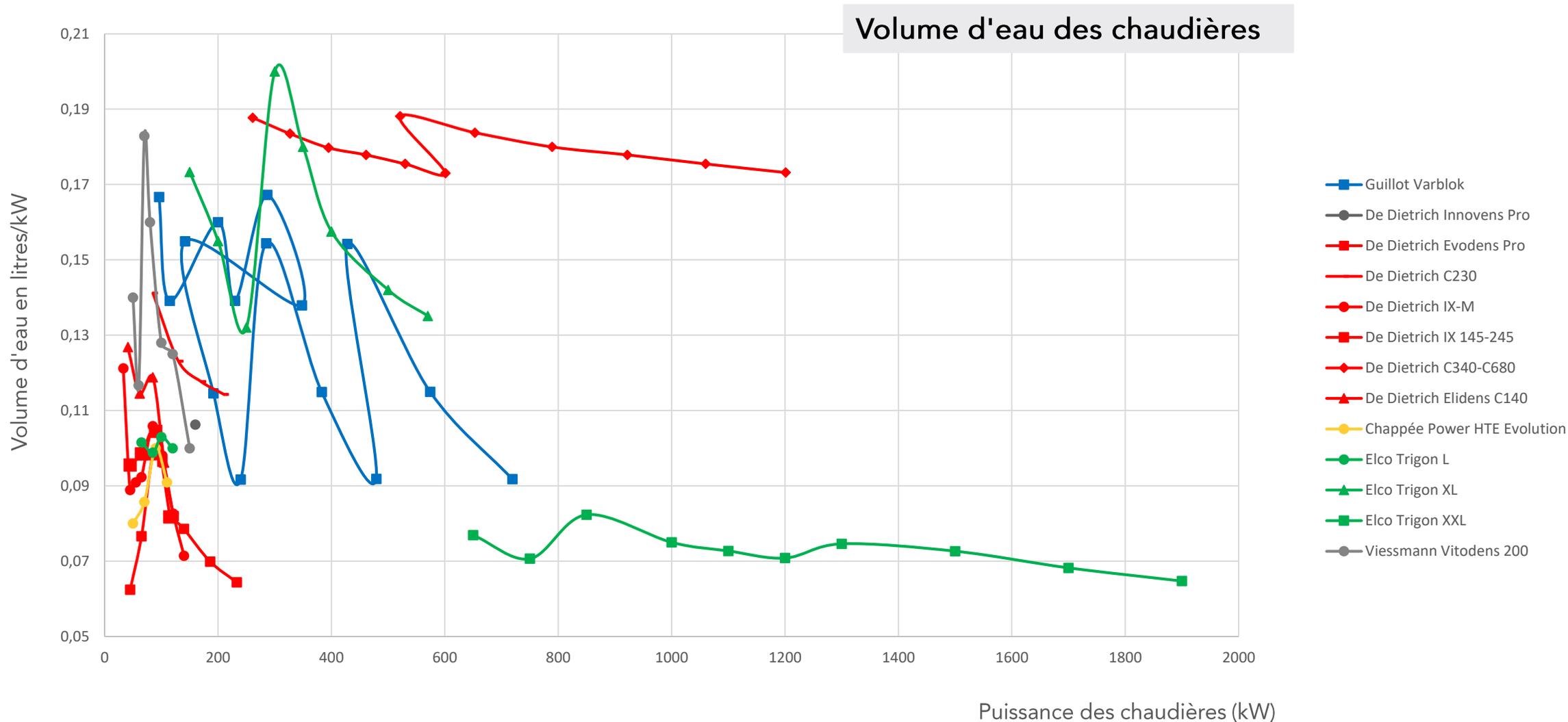
4 piquages



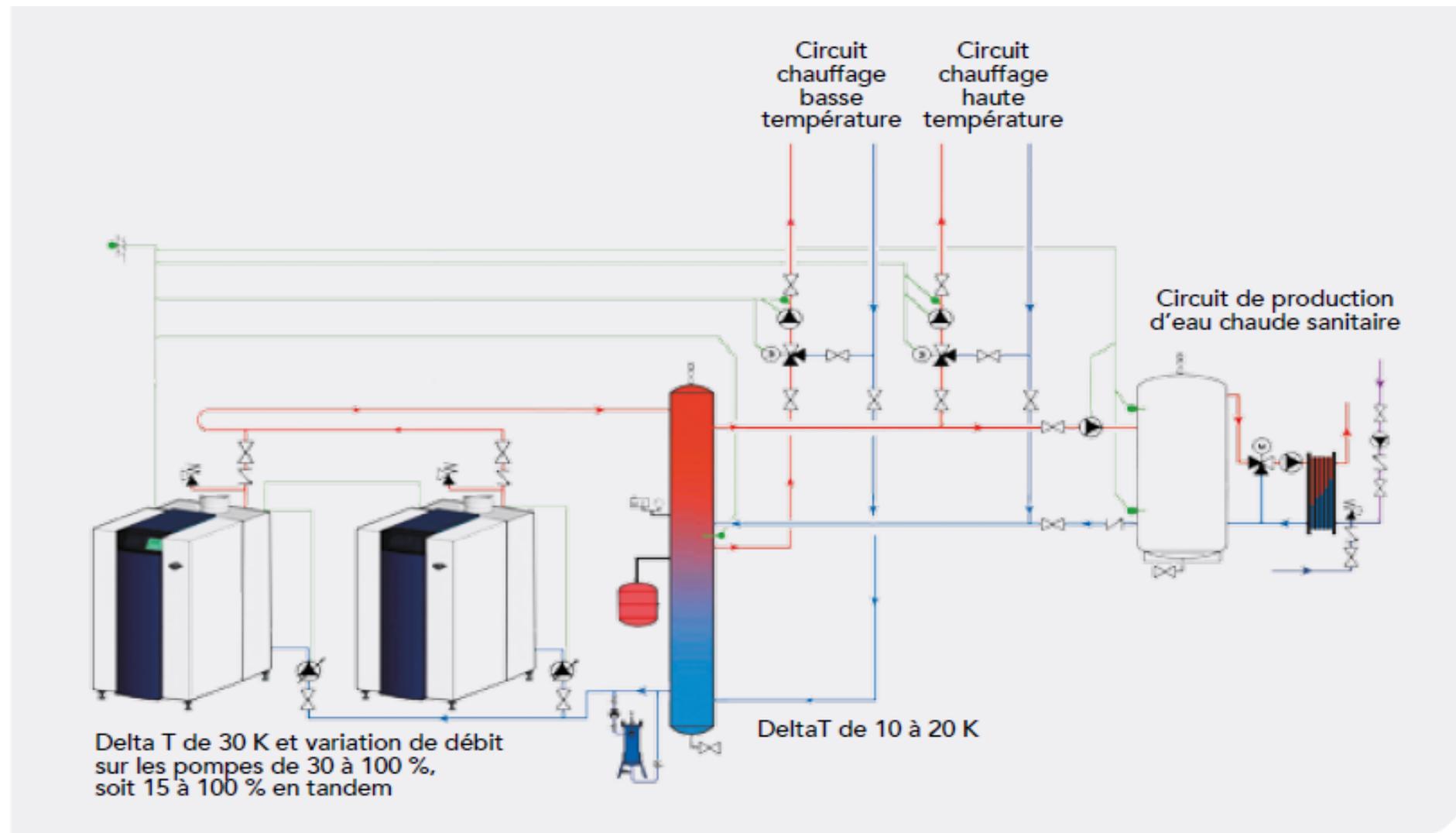
# Chaudières à fort volume d'eau



# Chaudières à faible volume d'eau

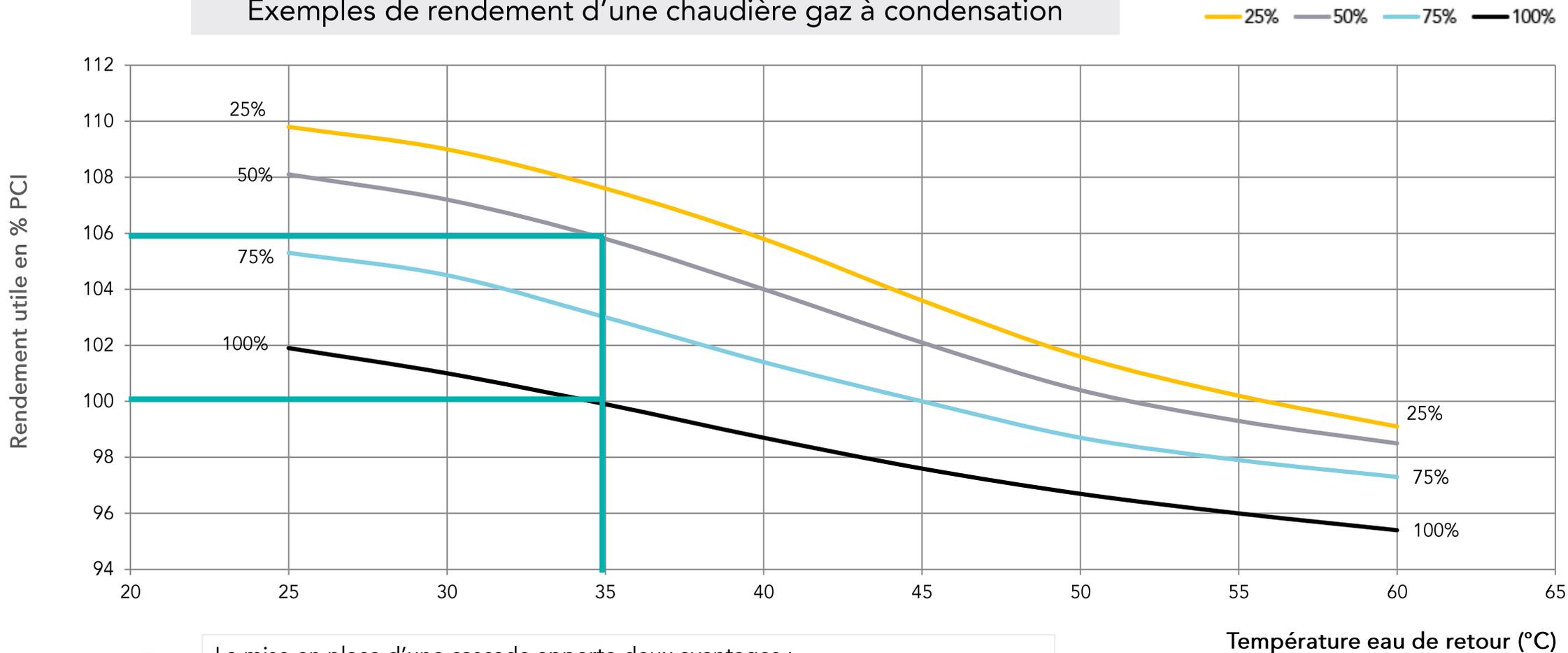


# Ou épuiser le chaud



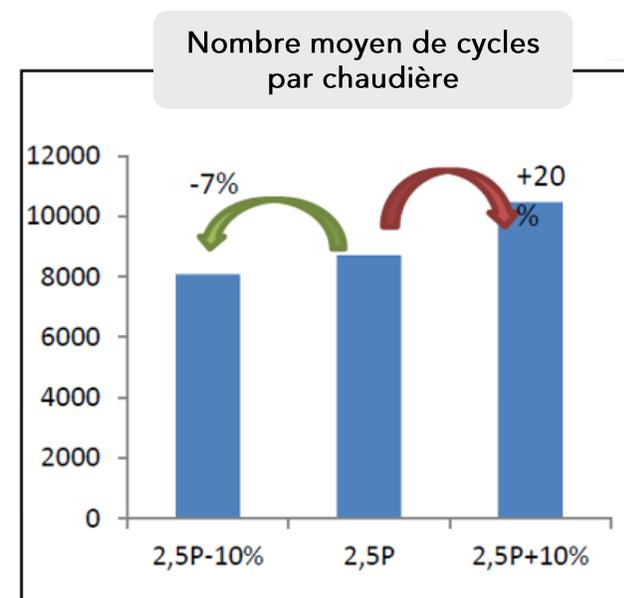
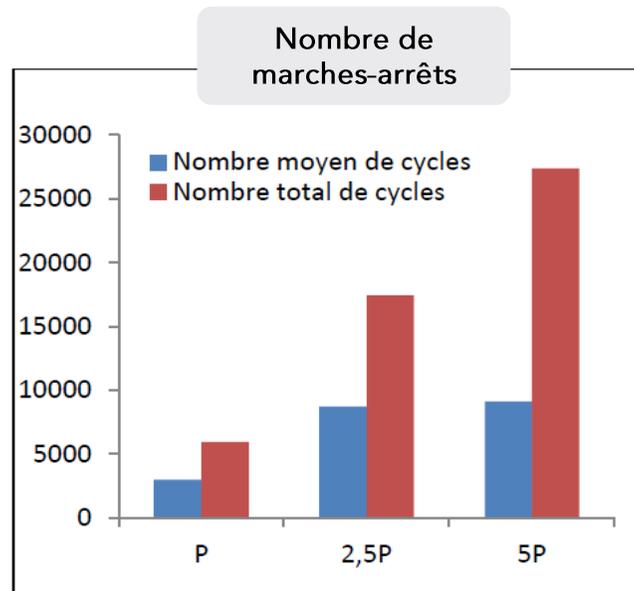
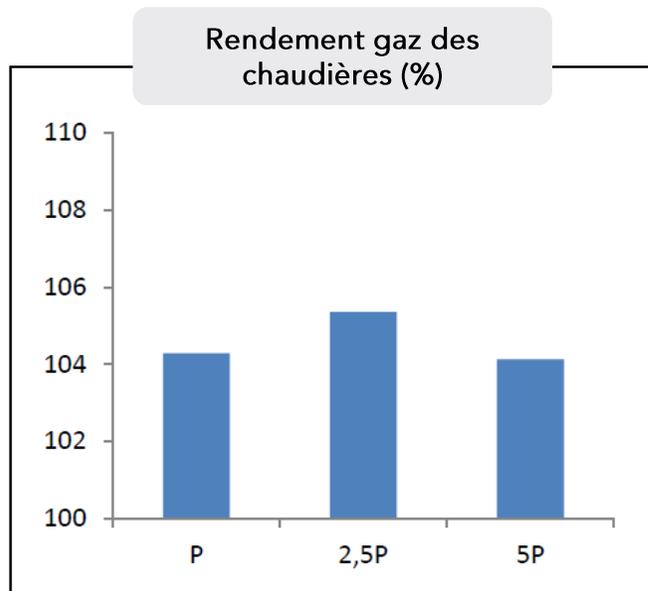
# Fonctionner avec de faibles taux de charge

Exemples de rendement d'une chaudière gaz à condensation



- La mise en place d'une cascade apporte deux avantages :
1. un meilleur rendement quand les chaudières fonctionnent à charge partielle
  2. une puissance mini de démarrage de l'installation plus basse

# La surpuissance : amie ou ennemie ?



## Une certaine culture française pousse à surdimensionner les installations

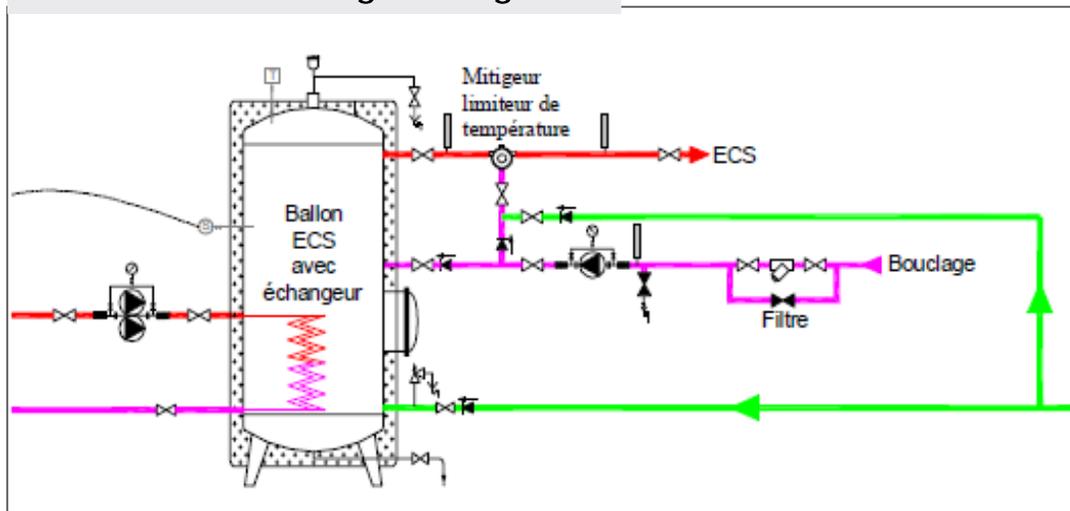


Cette surpuissance a peu d'incidence sur le rendement global de l'installation, mais le nombre de démarrages est quasi exponentiel engendrant une usure prématurée du matériel.

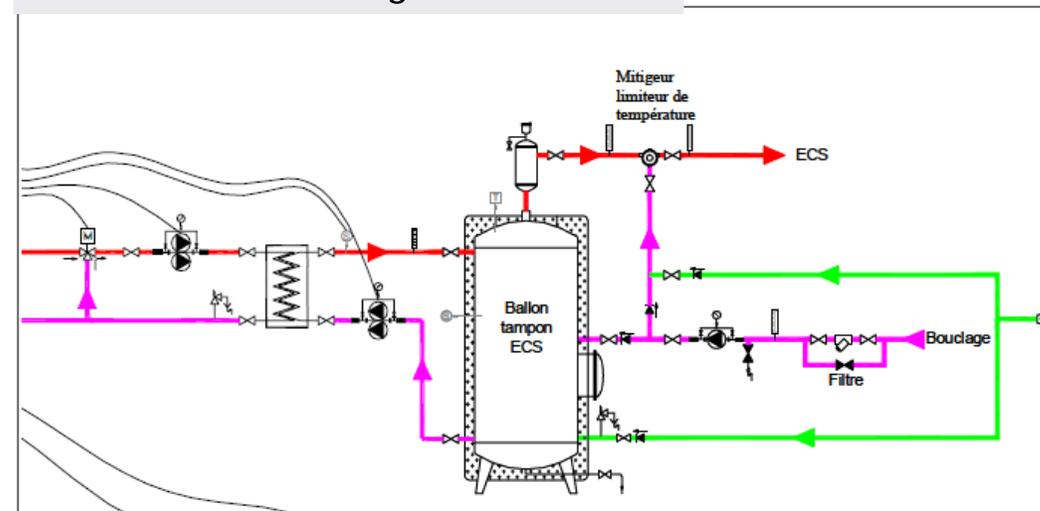
Source : étude CETIAT 2018

# Ajout de l'ECS : 3 modes de production

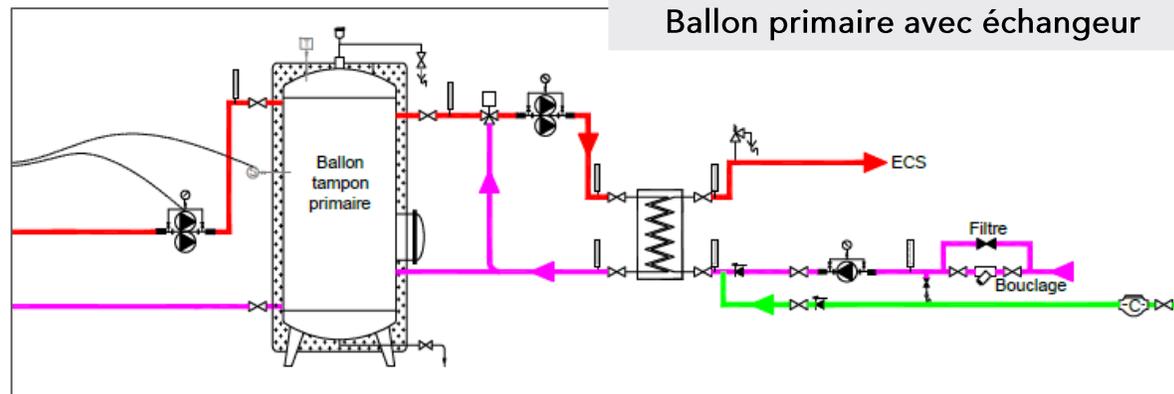
Ballon avec échangeur intégré



Ballon avec échangeur externe



Ballon primaire avec échangeur



# Légionelles et philosophie autour de l'ECS



Chaque boucle c'est environ 100 litres/h qui reviennent entre 51 et 52 °C vers la chaufferie.

## On arrive rapidement à deux principes

- Soit on considère que notre chaufferie ne condensera jamais en mode ECS, donc on va faire en sorte que ce mode se déclenche le moins souvent possible.
- Soit on va essayer de faire également condenser notre chaudière en mode ECS.

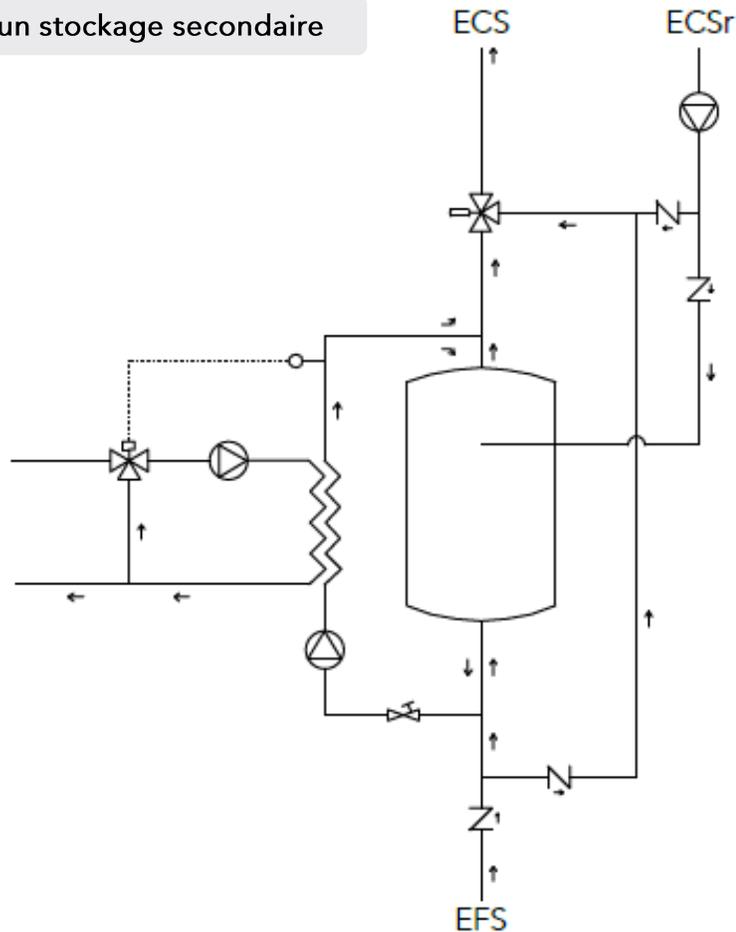
## Ce que dit la réglementation

- ✓  $T > 50 \text{ °C}$  en tout point de bouclage
- ✓  $V > 0,2 \text{ m/s}$

# Mettre en place des ballons conséquents

CONSEIL

Schéma d'un stockage secondaire



## On limite la mise en route du mode ECS

La méthode de dimensionnement actuelle autorise une infinité de couples volume-puissance pour satisfaire le besoin en ECS. On parle de production instantanée, semi-instantanée et semi-accumulée. Dans ces configurations, plus le volume de stockage est important, plus la puissance de chaudière à mettre en œuvre est faible. L'énergie contenue dans le ballon a la capacité de combattre des pertes de bouclage sans que la chaudière ait à se remettre en route. Un gros ballon de stockage gère donc, pendant un certain temps, les pertes de bouclage.

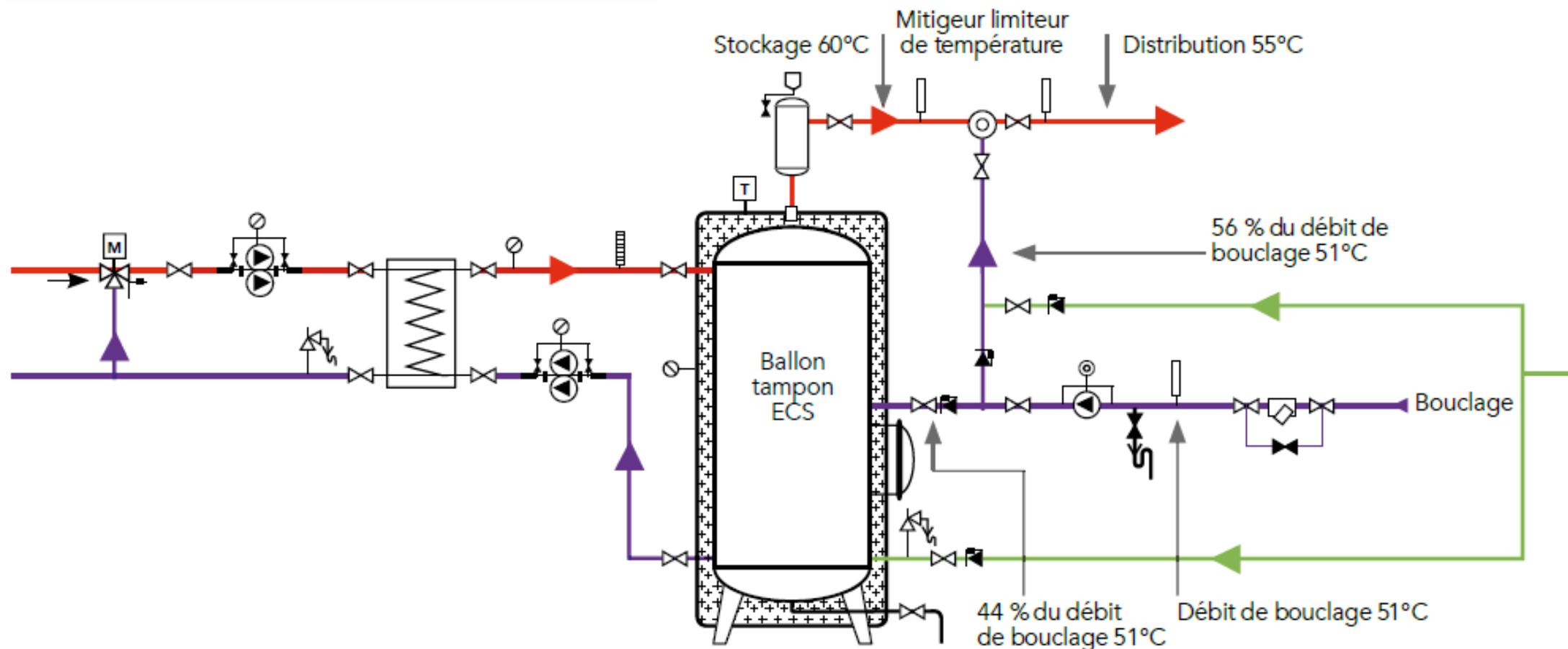
Mais alors, quelle taille donner à ce ballon ?

Notons également qu'un gros ballon secondaire permet de stocker de l'eau froide en bas de ballon par les micropuisages. Enfin, un ballon est mieux isolé qu'une chaudière. Il est donc préférable de jouer sur le stockage plutôt que sur la puissance.

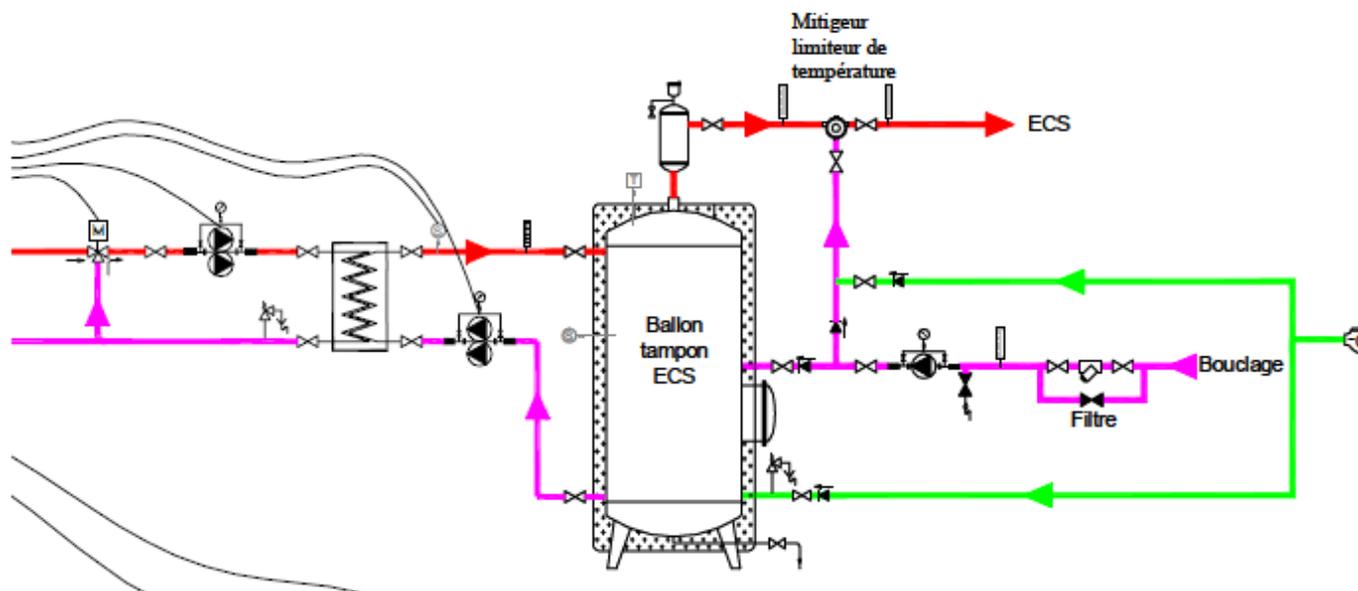
# Mettre en place un mitigeur de chaufferie

CONSEIL

On limite la mise en route du mode ECS



# Autoriser l'arrêt des circulateurs de l'échangeur



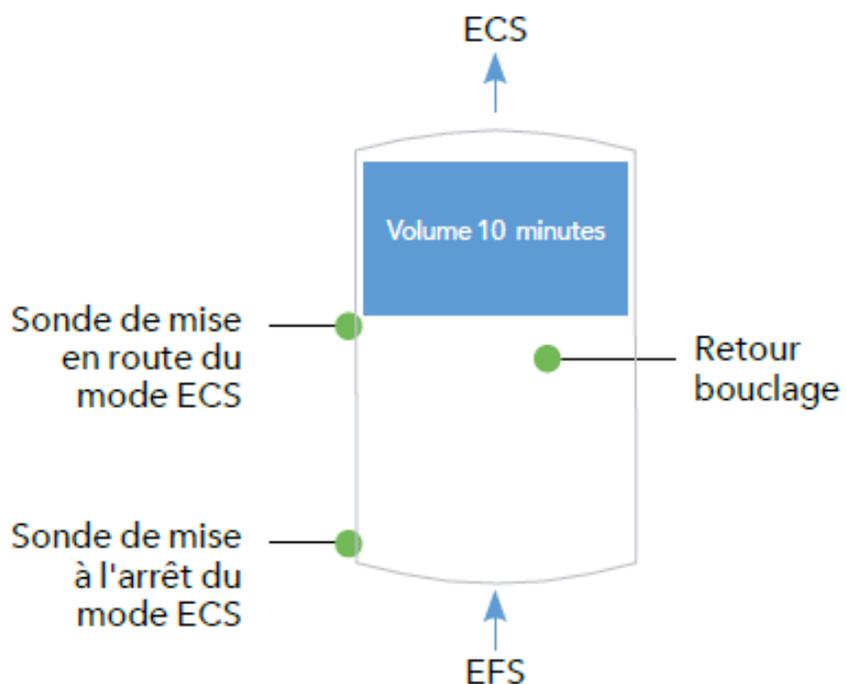
## On limite la mise en route du mode ECS

Un ballon trop petit, par rapport à un volume de bouclage trop conséquent va faire en sorte que le mode ECS ne s'arrêtera jamais. Les circulateurs de l'échangeur vont donc fonctionner 24h/24.

Un ballon plus conséquent permet au ballon de gérer seul le bouclage pendant un certain temps et donc de laisser la chaudière passer en mode chauffage.

# Piloter le mode ECS avec 2 sondes et stocker la pointe 10 min

On limite la mise en route du mode ECS



Quel est le volume minimal de stockage requis pour ce système avec arrêts de la circulation ?

Le volume minimal de stockage requis est fonction des besoins maximaux de pointe de 10 minutes du cas considéré et des pertes de bouclage si celui-ci est réchauffé par le système de production d'ECS.

Il est déterminé à partir de l'équation indiquée ci-après :

$$V_l = V_{10min} (2,4 + 0,18 P_{boucle}) = n^{0.503} (144 + 10,8 P_{boucle})$$

$V_l$  : Volume minimal de stockage requis pour ce système en litres

$n$  : Nombre de logements de l'immeuble d'habitation

$V_{10min}$  : Besoin de pointes sur 10 minutes en litres à 60°C du guide ADEME [10] égal à  $60 \times n^{0.503}$  pour une eau froide à 10°C

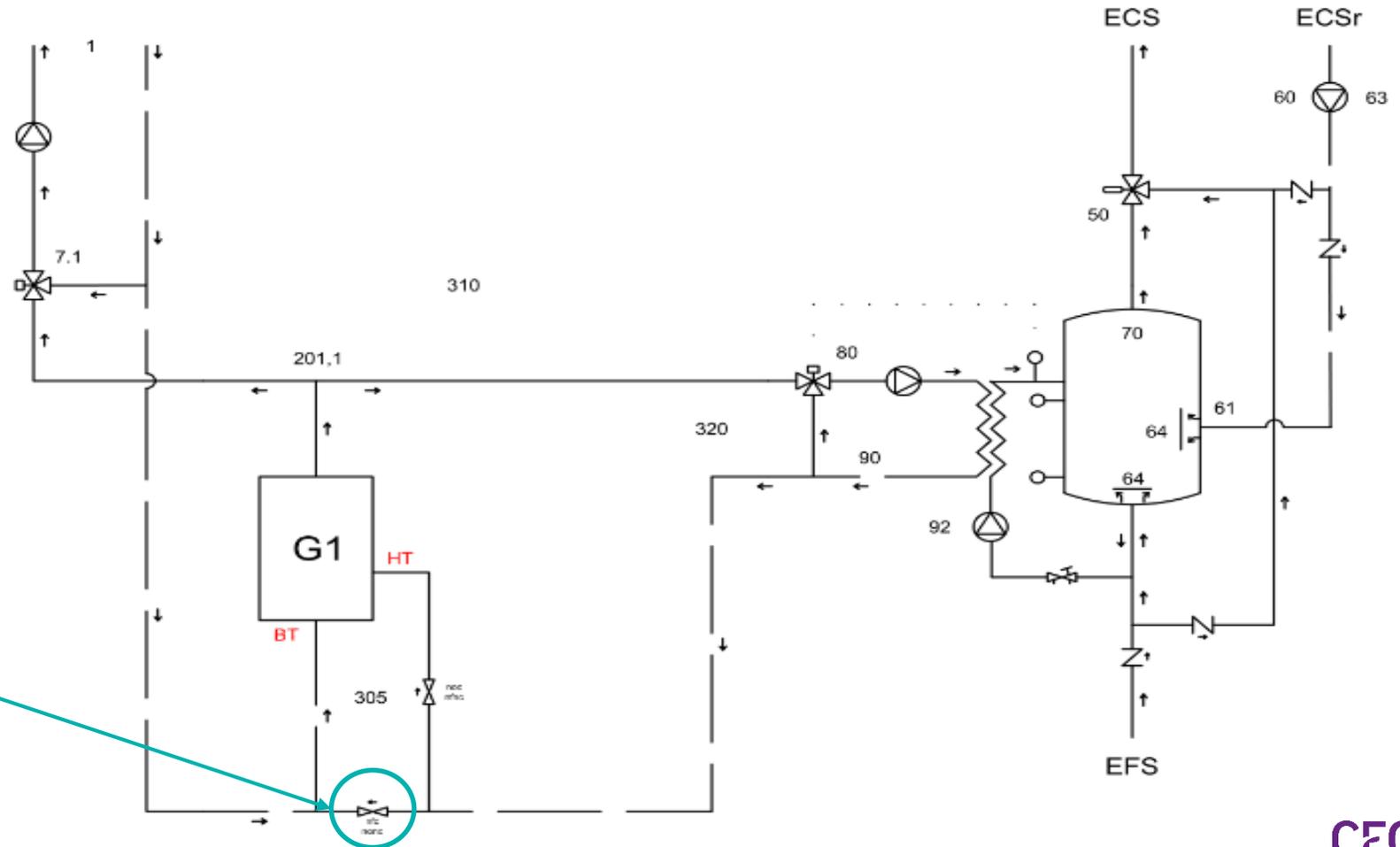
$P_{boucle}$  : Pertes thermiques du bouclage d'ECS, en kW



# Et si le ballon de stockage est trop petit ?

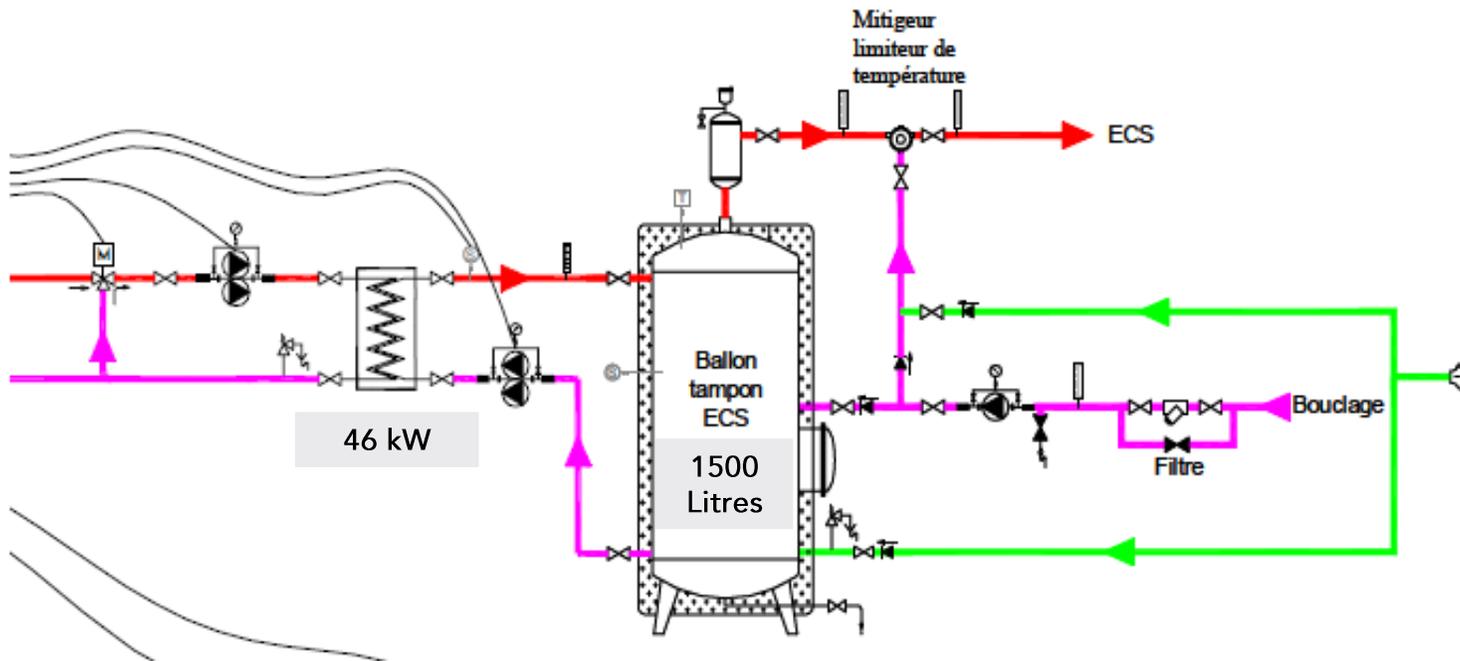
On limite la mise en route du mode ECS

Vanne fermée en hiver, on irrigue donc le condenseur avec le retour le plus froid, ici le retour chauffage.



# N'ayons pas peur de mettre des plaques à l'échangeur

On assure la condensation aussi en mode ECS



Mon besoin est assuré avec un échangeur à plaque de 46 kW associé à un ballon de 1500 litres.

Chez l'un des constructeurs, un échangeur de 10 plaques me délivre une puissance de 67 kW avec un départ à 80°C,

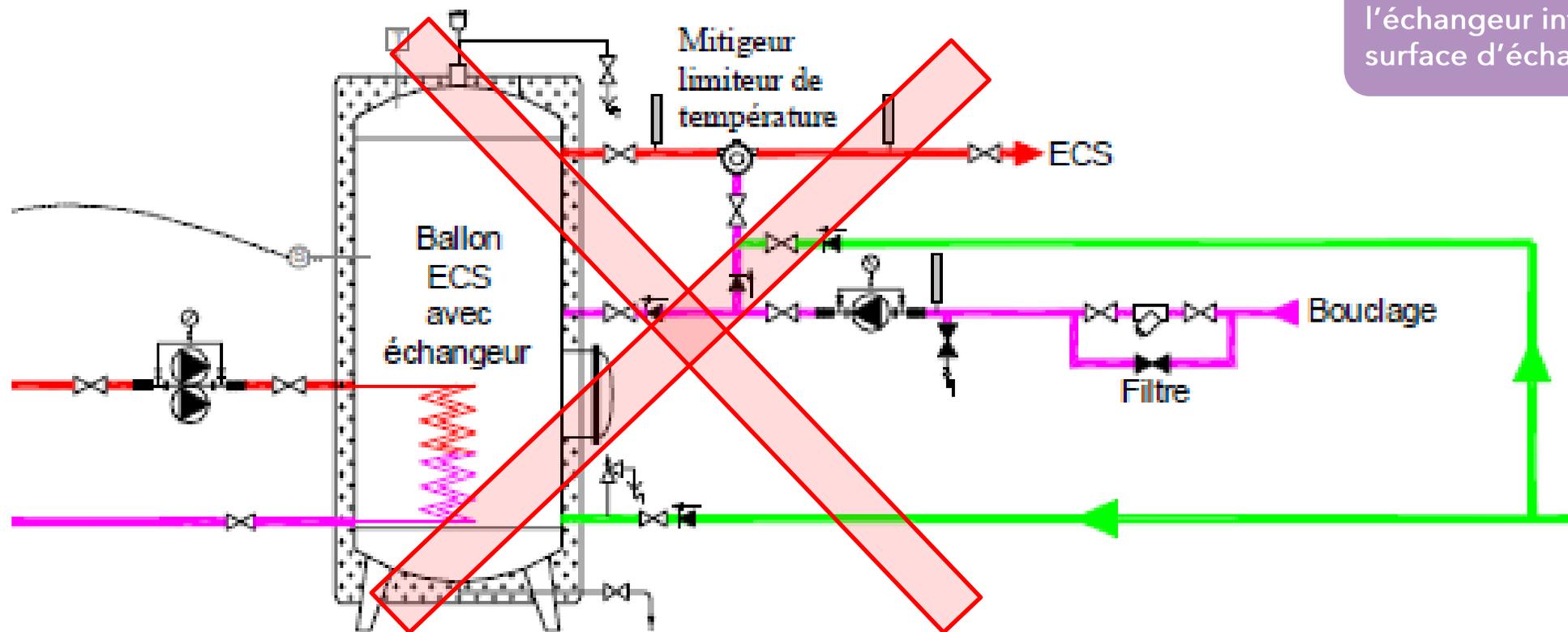
mais un échangeur de 14 plaques me délivre une puissance de 64 kW avec un départ à 70°C (surcoût 1%),

et un échangeur de 18 plaques me délivre une puissance de 57 kW avec un départ à 65°C (surcoût 2%).

Pour un surcoût dérisoire, j'abaisse donc ma température de départ et donc de retour.

# Besoin d'une grande surface d'échange donc ...

On assure la condensation aussi en mode ECS

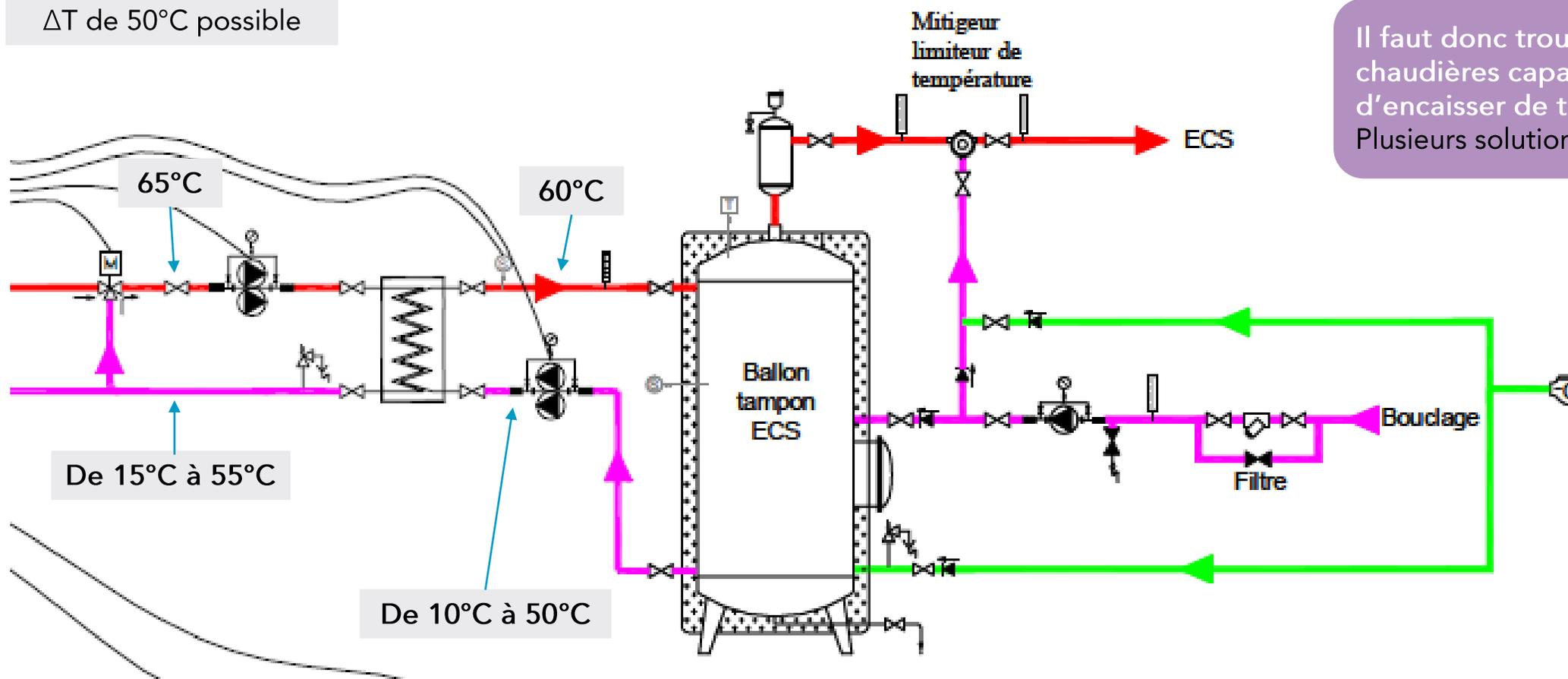


On oublie par contre l'échangeur intégré qui a une surface d'échange fixe

# Qui dit bon échange dit gros $\Delta T$

On assure la condensation aussi en mode ECS

$\Delta T$  de 50°C possible



Il faut donc trouver des chaudières capables d'encaisser de tels  $\Delta T$  ...  
Plusieurs solutions

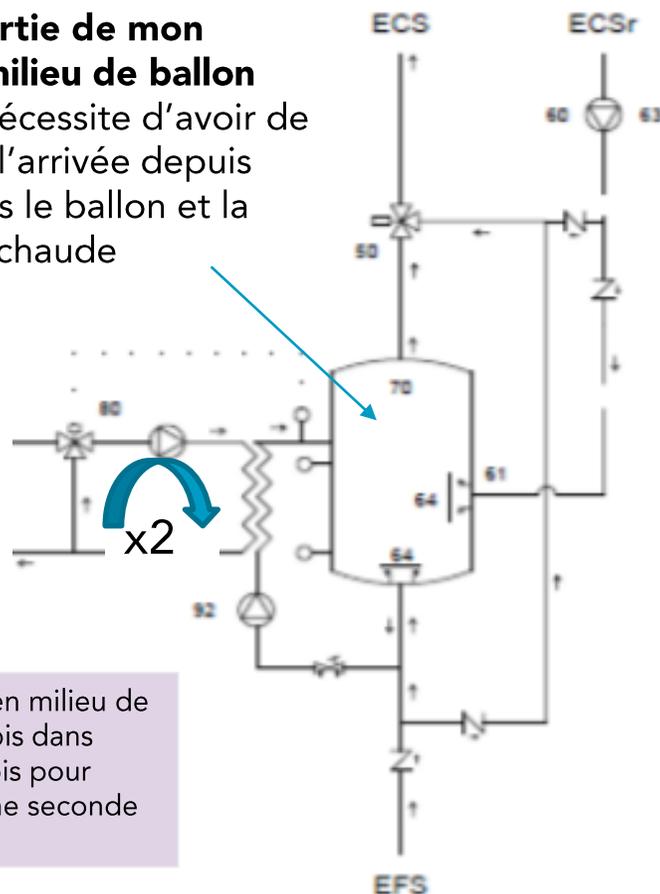
# Quelles solutions ?

On assure la condensation aussi en mode ECS



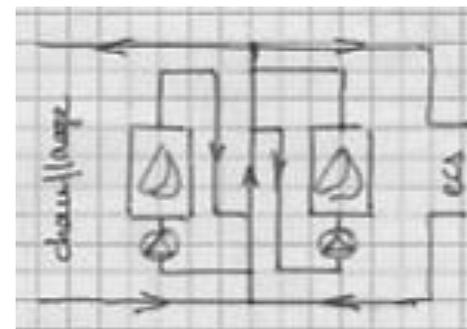
## Raccorder la sortie de mon échangeur en milieu de ballon

Cette solution nécessite d'avoir de la réserve entre l'arrivée depuis l'échangeur dans le ballon et la départ de l'eau chaude

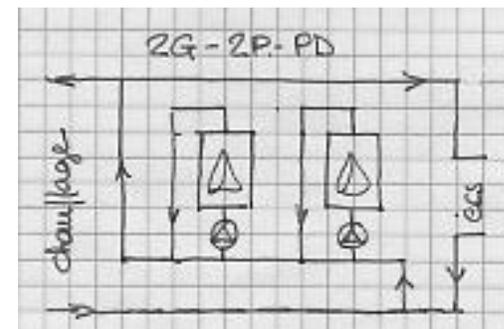


L'arrivée eau chaude se fait en milieu de ballon et l'ECS passe deux fois dans l'échangeur, une première fois pour monter de 10°C à 35°C et une seconde pour monter de 35°C à 60°C

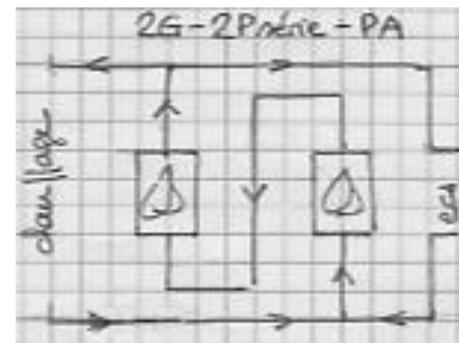
Soit on s'autorise ce genre de montage  
**Chaudières en série sur bouteille**



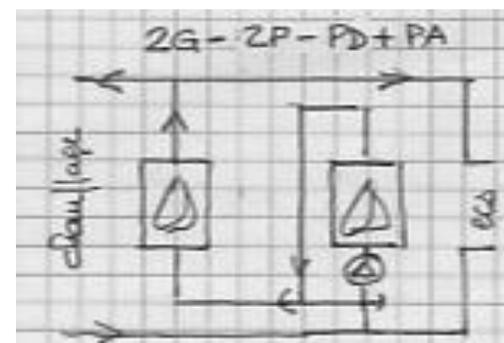
Chaudières en série sur bouteille



Chaudières en cascade avec consigne différente

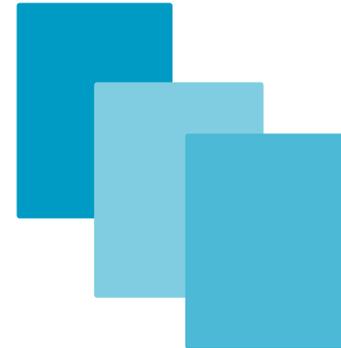


Chaudières en série



Mise en place d'un collecteur sur la chaudière de préchauffage

# Présentation schémathèque



The screenshot displays the 'SCHEMATHÈQUE CHAUFFERIE GAZ CONDENSATION' tool. It is currently on 'Étape 1' (Step 1) of a 3-step process. The main heading is 'CIRCUIT DE CHAUFFAGE'. Below it, the instruction reads '1. Sélectionnez le type de départ chauffage'. Five schematic options are presented, each with a description:

- Option 1: Un départ chauffage régulé par vanne 3 voies (A single heating circuit controlled by a 3-way valve).
- Option 2: Un départ chauffage régulé depuis la chaufferie (A single heating circuit controlled from the boiler).
- Option 3: Plusieurs départs chauffage régulés par vannes 3 voies (Multiple heating circuits controlled by 3-way valves). This option is highlighted with a red border.
- Option 4: Plusieurs départs chauffage régulés par vannes 3 voies + un régulé depuis la chaufferie (Multiple heating circuits controlled by 3-way valves plus one controlled from the boiler).
- Option 5: Plusieurs départs chauffage régulés par vannes 3 voies + un réseau haute température constante (Multiple heating circuits controlled by 3-way valves plus a constant high-temperature network, labeled 'HT').

At the bottom left of the interface, the text 'Version 1.0.0-\_\_BUILD\_\_NUMBER\_\_' is visible.

### Pourquoi utiliser cet outil ?

- Exemples de schémas de principe de chaufferie gaz à condensation fournis.
- Permet d'optimiser les performances et s'assurer que la configuration permette aux chaudières de bien condenser.
- En renseignant les principales caractéristiques de l'installation, le simulateur vous proposera un exemple de schéma de principe pour votre configuration de chaufferie gaz ainsi que les commentaires associés.

Rendez-vous sur le site de cegibat :  
<https://cegibat.grdf.fr/simulateur/schemathèque-chaufferie-gaz>



# Étape 1 : sélectionnez le type de départ chauffage

OUTIL

## SCHEMATHEQUE CHAUFFERIE GAZ CONDENSATION

Étape 1

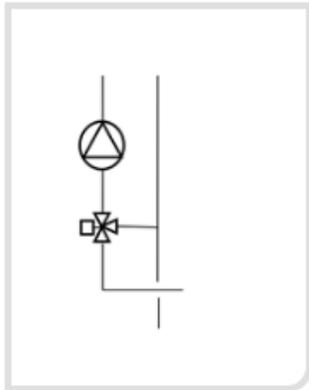
Étape 2

Étape 3

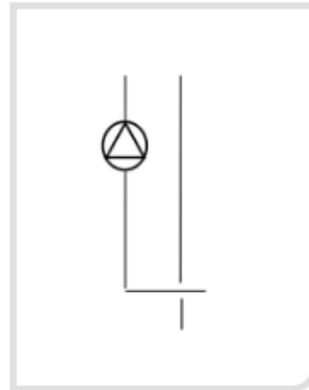
Résultats

CIRCUIT DE CHAUFFAGE

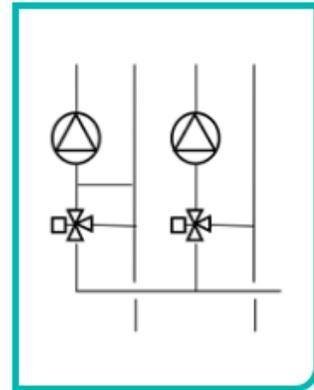
### 1. Sélectionnez le type de départ chauffage



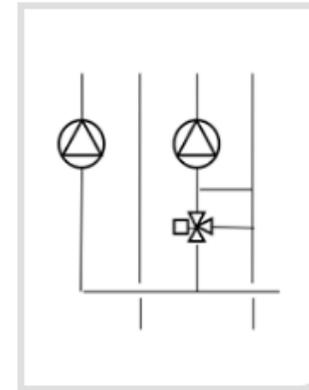
Un départ chauffage  
régulé par vanne 3 voies



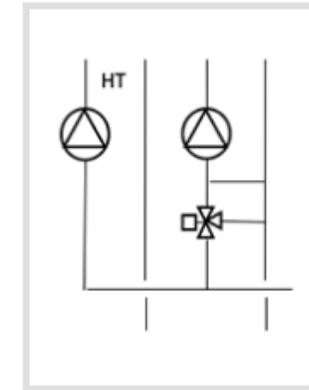
Un départ chauffage  
régulé depuis la  
chaufferie



Plusieurs départs  
chauffage régulés par  
vannes 3 voies



Plusieurs départs  
chauffage régulés par  
vannes 3 voies + un  
régulé depuis la  
chaufferie



Plusieurs départs  
chauffage régulés par  
vannes 3 voies + un  
réseau haute  
température constante

Version 1.0.0-\_\_BUILD\_\_NUMBER\_\_

# Étape 2 : sélectionnez le type de production ECS

OUTIL

SCHEMATHEQUE CHAUFFERIE GAZ CONDENSATION

Étape 1

Étape 2

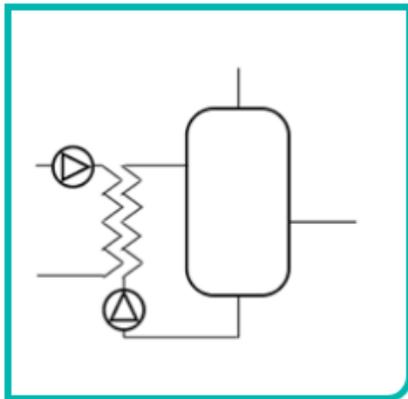
Étape 3

Résultats

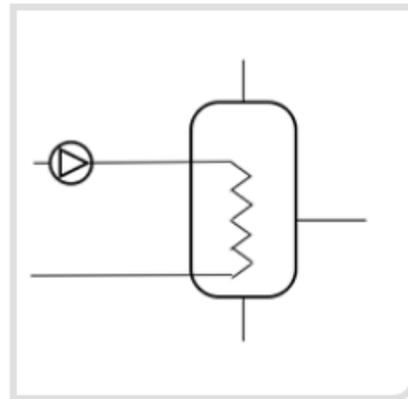
PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

## 2. Sélectionnez le type de production d'ECS

### Stockage d'eau chaude sanitaire

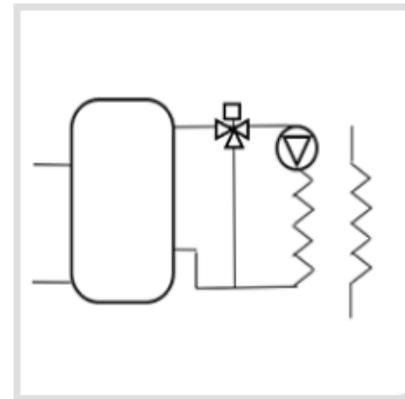


Avec échangeur externe

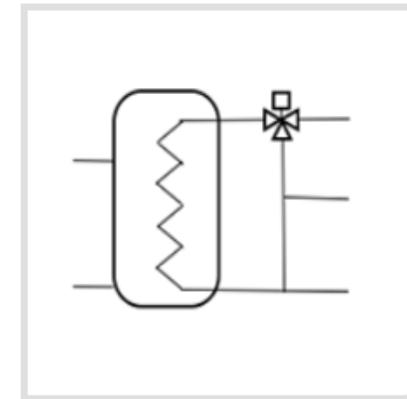


Avec échangeur tubulaire intégré au ballon

### Stockage primaire



Avec échangeur externe



Avec échangeur tubulaire intégré au ballon

Version 1.0.0-\_\_BUILD\_\_NUMBER\_\_

# Étape 3 : sélectionnez le type et nombre de chaudière(s)

OUTIL

## SCHEMATIQUE CHAUFFERIE GAZ CONDENSATION

Étape 1

Étape 2

Étape 3

Résultats

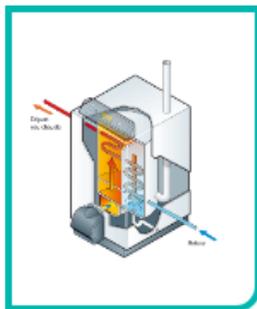
CONFIGURATION CHAUDIÈRE

1. Sélectionnez le nombre de chaudière(s)

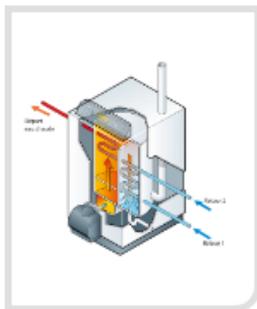
1

2

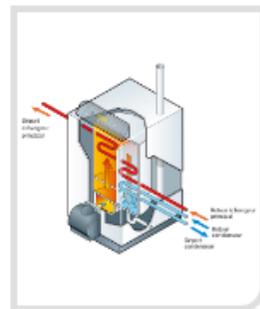
2. Sélectionnez le type de chaudière



2 piquages



3 piquages



4 piquages

3. Sélectionnez le type de montage

En série

Sur bouteille

J'accepte les [conditions d'utilisation de l'outil](#)

Afficher le schéma >

# Résultat : visualisez le schéma de principe et téléchargez

OUTIL

SCHEMATHEQUE CHAUFFERIE GAZ CONDENSATION

Étape 1

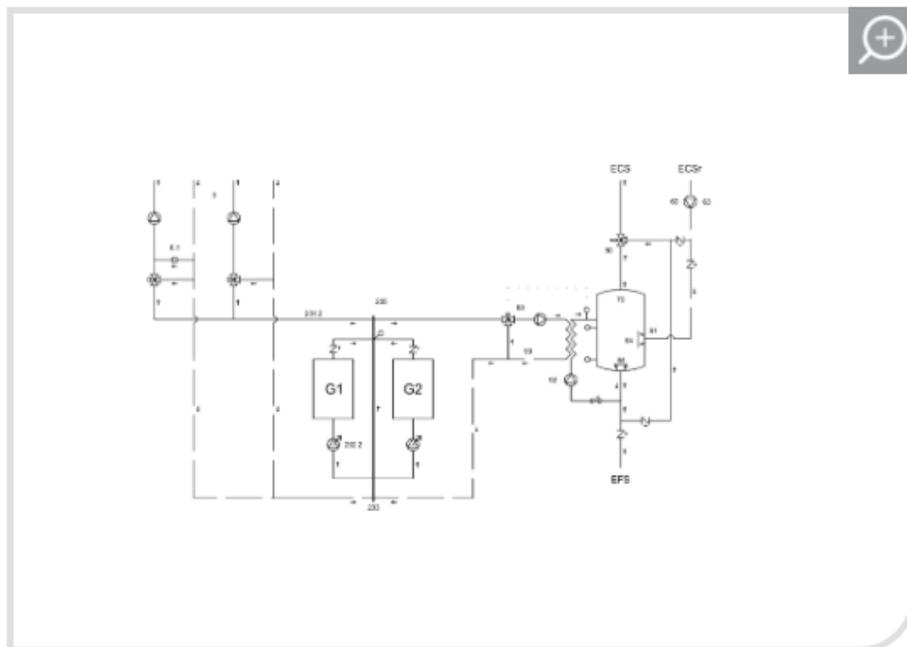
Étape 2

Étape 3

Résultats

## Résultat

■ Proposition de schéma de principe commenté



### Rappel des hypothèses

- Type de départ de chauffage : régulé par vannes 3 voies
- Stockage d'eau chaude sanitaire : avec échangeur externe
- Nombre de chaudière(s) : 2
- Type de chaudière : 2 piquages
- Type de montage : sur bouteille de la (des) chaudière(s)

📄 Télécharger le PDF commenté

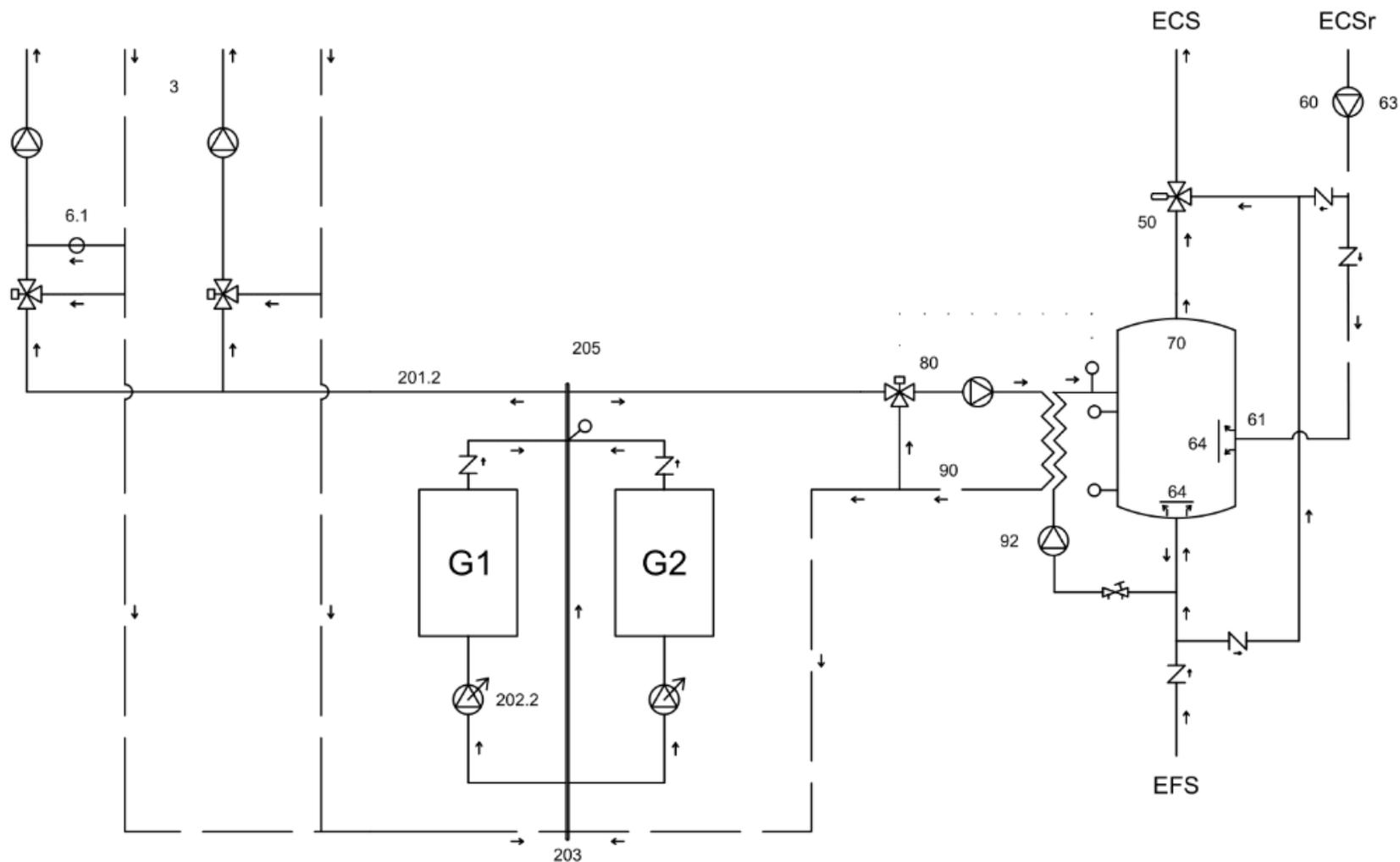
✉ Recevoir par mail

👤 Enregistrer dans mon compte

Version 1.0.0-\_\_BUILD\_\_NUMBER\_\_

# Focus sur le schéma de principe

OUTIL

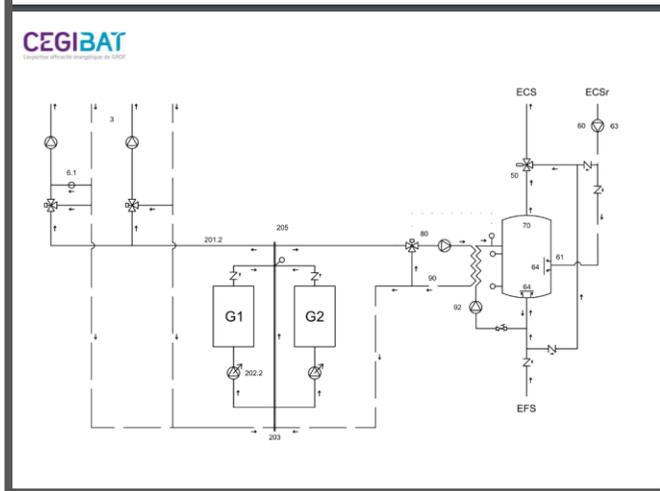


**CEGIBAT**  
L'expertise efficacité énergétique de GRDF

### SCHEMATIQUE HYDRAULIQUE CHAUFFERIE GAZ

Type de départ	Type de production ECS	Nombre de chaudières	Type de chaudière	Type de montage
Un départ chauffage réglé par vannes 3 voies	Stockage ECS avec échangeur externe	1	2 piquages	Montage en série de la (des) chaudière(s)
Un départ chauffage réglé depuis la chaudière	Stockage ECS avec échangeur tubulaire intégré au ballon	2	3 piquages	Montage sur bouteille de la (des) chaudière(s)
Plusieurs départs chauffage réglés par vannes 3 voies	Stockage primaire avec échangeur externe		4 piquages	
Plusieurs départs chauffage réglés par vannes 3 voies + un réglé depuis la chaudière	Stockage primaire avec échangeur tubulaire intégré au ballon			
Plusieurs départs chauffage réglés par vannes 3 voies + un réseau haute température constante				

Mise à jour : Septembre 2019



**CEGIBAT**  
L'expertise efficacité énergétique de GRDF

**63/** Pour limiter l'effet perturbateur du débit « chaud » de retour de boucle, il est nécessaire de bien sélectionner le circulateur de ce réseau. Ce dernier doit être à courbe plate et justement réglé de façon à ce que son débit se réduise au mieux lors des puisages d'eau chaude sanitaire.

Avec un circulateur à courbe plate, pour une même variation de la hauteur manométrique, le débit  $d3$  est bien inférieur à  $d2$ .

**64/** Sur le ballon tampon d'ECS, les entrées d'eau par les tubulures de retour du bouclage et d'arrivée d'eau froide seront obligatoirement d'une conception faite pour « supprimer » les effets de flux qui participerait à la déstratification du dit volume.

**CEGIBAT**  
L'expertise efficacité énergétique de GRDF

**70/** Le volume de stockage d'eau chaude sanitaire influence la performance de la condensation des produits de combustion. En effet, plus ce volume est important moins il y aura de relance à haute température de la part de la production. Ce volume d'eau chaude sanitaire sert bien à « amortir » les points de puisage mais il sert également d'« inertie », on le chauffe à 60°C et on ne le relance qu'à 55 °C par exemple. C'est une marge importante qui sera surtout utile dans les périodes de moindre puisage et surtout de nuit quand seule la boucle est le « perturbateur » thermique.

De plus, plus ce volume est important, plus la puissance primaire à mettre en jeu sera faible. Ce ballon peut également être équipé de deux sondes : une pour mettre en route le mode ECS, sa position ne doit alors pas être perturbée par le débit de bouclage revenant vers le ballon. La seconde en bas de ballon pour stopper le mode ECS uniquement quand la totalité du volume du ballon est rechargée.

**80/** La régulation proportionnelle (PID) de la température de l'eau chaude sanitaire préparée par l'échangeur est assurée par une vanne trois voies montée en mélange. Le débit sur l'échangeur est constant et à température variable.

Quand la température de l'eau chaude sanitaire préparée atteint sa consigne, la température de l'eau primaire mélangée s'abaisse pour égaler celle de l'eau chaude sanitaire, on dit alors qu'on ne « brûle » pas l'eau, ceci afin de ne pas risquer trop d'entartrage de l'échangeur. La formule est classique et éprouvée.

Une solution économique sur le plan énergétique consisterait à remplacer le circulateur à débit constant par un circulateur à débit variant pouvant alors assurer la régulation précédente à condition de le doter du régulateur ad hoc (PID). Il faudra cependant s'assurer que le « non brûlage » de l'eau est toujours garanti. Le schéma ci-dessous montre cette alternative.

**90/** Si on souhaite se donner des chances de faire condenser la (ou les) chaudière(s) en production d'eau chaude sanitaire, alors il faut que le retour du dit « primaire » vers la (ou les) chaudière(s) soit le plus froid possible.

Pour cela, quelques conditions s'imposent :

- Le volume tampon d'eau chaude sanitaire doit être suffisant et sélectionné au moins « semi-accumulé ».

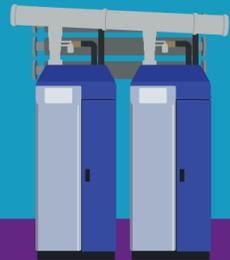
**Pour aller plus loin**



## LIVRE BLANC

8 RÈGLES

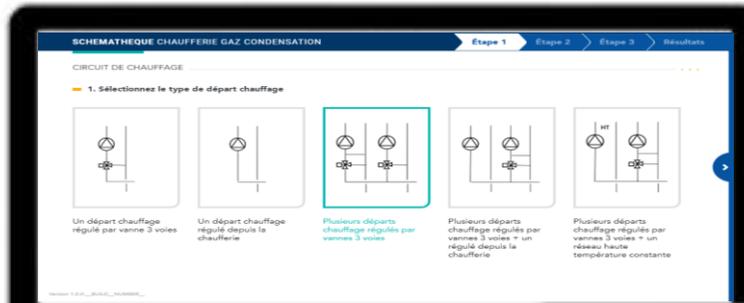
DE CONCEPTION ET D'INSTALLATION  
POUR DES PERFORMANCES MAXIMISÉES



Chaudière gaz à condensation

**CEGIBAT**  
L'expertise efficacité énergétique de GRDF

## SCHEMATIQUE



## DEBATS EN DIRECT



## DOSSIERS TECHNIQUES

Impact du surdimensionnement d'une chaudière sur la ou les chaudières

Condensation des chaudières : comment maximiser les performances ?



# Merci pour votre attention !

## Des questions ? Contactez-nous !

- **Héloïse POSS**, Ingénieur efficacité énergétique | [heloise.poss@grdf.fr](mailto:heloise.poss@grdf.fr)
- **Olivier BROGGI**, Responsable efficacité énergétique | [olivier.broggi@grdf.fr](mailto:olivier.broggi@grdf.fr)