

## Chauffage bois avec stockage de chaleur par hydroaccumulation

Combustibles solides (bois, etc.)

Chauffage bois

Sécurités hydrauliques

hydro-accumulation

Chauffage bois poêle-hydro & cuisinière

-----

-----



### L'hydroaccumulation en chauffage bois pour faire quoi?

#### Stockage de l'énergie thermique avec le chauffage bois

Le rôle d'un stockage d'énergie est d'assurer un bon fonctionnement de la chaudière même lorsque la demande énergétique est faible (journées d'hiver peu froides, automne, printemps, été). Il s'agit donc d'absorber le surplus d'énergie que va produire la chaudière.

Cette énergie stockée sera restituée dans l'installation de chauffage et dans l'eau chaude sanitaire éventuellement selon la demande. Ainsi, lorsque le/les ballons de stockage sont chargés d'énergie (80°C voir 90°C de haut en bas) la chaudière doit être vide de bois et ne plus être rechargée.

La chaudière sera rechargée en bois lorsque le/les ballons seront vidés de leur énergie (30°C à 40°C en haut selon le type d'installation) **avec seulement la quantité nécessaire de bois pour réchauffer le/les ballons tampons**. Il est possible de recharger la chaudière en bois avant que le/les ballons tampons ne soient complètement vidés de leur énergie (par exemple le soir avant le coucher), **mais en chargeant uniquement la quantité de bois nécessaire à réchauffer le/les ballons tampons**.

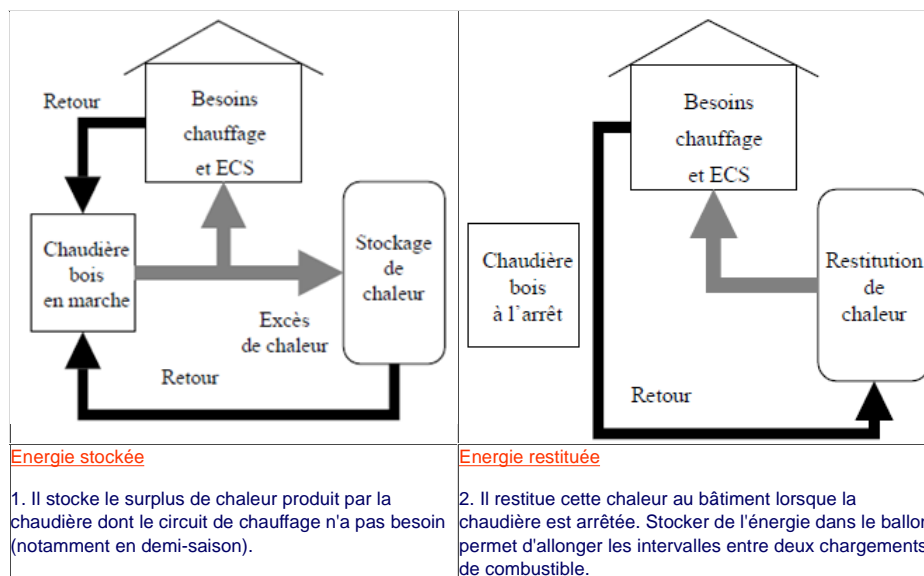
Il est donc nécessaire de toujours consulter les différents thermomètres du/des ballons tampon pour connaître la quantité de bois que l'on peut charger. Ce système fournit de l'énergie avec un rendement optimal et un fonctionnement normal, tout en assurant de l'autonomie.

Ce système permet donc à la chaudière de fonctionner dans les meilleures conditions et évite les phases de ralenti (chaudière en température, chargée en combustible, demande énergétique très faible). Le ralenti provoque un mauvais fonctionnement, un encrassement anormal et une usure prématurée de la chaudière par une corrosion due aux acides du bois qui ne sont plus brûlés. **Il est donc vital de ne jamais recharger la chaudière lorsque le/les ballons tampons sont saturés en énergie**. Il faut même accepter de laisser le feu s'éteindre si la décharge des ballons tampons est longue (demande énergétique faible).

#### Principe de l'hydroaccumulation en chauffage bois

Le ballon permet d'assurer un confort égal à celui des chaudières fuel ou gaz parce qu'il sépare la production de chaleur (difficile à maîtriser avec une chaudière à bûches) de sa distribution de chaleur.

Le ballon hydroaccumulateur a 2 fonctions :



#### Les avantages de l'hydroaccumulation

Les avantages de l'hydroaccumulation sont nombreux, comme par exemple :

- La mise en place d'une régulation de température du fluide chauffant.
- La chaudière bois fonctionne à puissance nominale, même en demi-saison,
- Une amélioration du rendement de combustion et de l'installation dans son ensemble.
- Permet de **stocker les surplus de chaleur** de la chaudière et l'éteindre, surtout en intersaison, où la chaudière à plein régime produit beaucoup plus que ce qu'il ne faudrait.
- Diminue l'**accumulation de bistre** (sorte de dépôt) qui fait perdre du rendement à la chaudière.
- Augmente l'**autonomie** de fonctionnement, c'est à dire le temps qui s'écoule entre deux chargements. Ce qui permet entre autre d'**économiser du combustible**.

On notera que les avantages environnementaux et économiques sont si forts que certains pays l'ont déjà **rendu obligatoire** pour les particuliers (l'Allemagne par exemple).

**Note importante :** l'installation d'un ballon tampon est **techniquement obligatoire** dans le cas d'un système de

chauffage qui utilise **deux réseaux de chauffage aux températures différentes**. Par exemple, dans les maisons qui sont équipées d'un plancher chauffant (chaleur douce) et de radiateurs classiques (chaleur normale).

**Les inconvénients à l'ajout d'un ballon ?**

- Coût de l'installation élevé
- Installation encombrante

## Dimensionnement d'une installation de chauffage à bois

### Choix de la puissance chaudière

Les installations de chauffage avec une chaudière à bois peuvent assurer la totalité des besoins thermiques (Chauffage + Eau Chaude Sanitaire) d'une habitation.

Tout d'abord, il faut déterminer les déperditions d'énergie du bâtiment concerné par rapport à la température extérieure de base. La qualité d'isolation de la maison joue un rôle important dans le calcul de la puissance de chauffage.

Le choix de la puissance de la chaudière à installer est fonction des déperditions et si la puissance de la chaudière à installer correspond aux déperditions dans le bâtiment (pas de surdimensionnement) et si la température de base est atteinte, la chaudière est exploitée à sa puissance nominale 24h/24.

Les durées habituelles de combustion d'une charge (à puissance nominale) sont de l'ordre de 3 à 6 heures selon les modèles, ce qui correspond à 4 à 8 chargements par jour. En effet, avec une chaudière non surdimensionnée et une durée de combustion de 4 heures, 6 chargements par jour sont nécessaires. Si la chaudière est surdimensionnée d'un facteur 2, seulement 3 chargements par jour sont nécessaires.

Pour la plupart des utilisateurs, la limite acceptable est de 2 chargements par jour, il est, par conséquent, compréhensible de constater un surdimensionnement important dans la détermination des chaudières à bûches à alimentation manuelle.

Pour limiter le surdimensionnement et en fonction de l'autonomie recherchée, on peut stocker l'énergie calorifique dans un ballon tampon par hydroaccumulation, pour plus de confort et de durée entre deux chargements, la puissance de la chaudière peut être supérieure aux déperditions totales de l'habitation.

### Dimensionnement de la chaudière

Le calcul de l'installation thermique du chauffage bois sera de quantifier l'énergie dégagée par une charge de bois, (QE) en kWh.

$$QE = \frac{\text{Deper} \cdot 24}{\text{Nbre\_charges}}$$

Et de s'assurer que la volume utile de chargement bois de la chaudière soit suffisant.

$$\text{Volume utile chargement} = \frac{(\text{Deper} \cdot 24) / \text{Nbre\_charges}}{\text{Rch} \cdot \text{Pci}} / \text{Densité\_bois}$$

- Deper : Déperditions du bâtiment (T° extérieure de base de référence) en kW
- Nbre\_charges : Nombres de remplissage du foyer de la chaudière par jour
- Rch : Rendement de la chaudière (%)
- Densité\_Bois : Densité bois (ou masse volumique) dans le foyer de la chaudière (Ex. : Résineux : 0,29 kg/l, feuillus : 0,35 kg/l)
- PCI : le pouvoir calorifique inférieur du bois, en kWh par kilogramme.

Le pouvoir calorifique inférieur du bois sec au kilo est à peu près le même (4 kWh/kg à 20% d'humidité) pour tout type de bois, écorce comprise, mais certaines variétés bois sont plus denses que d'autres, ce qui fait que la quantité d'énergie par unité de volume est différente selon le type de bois consommé.

Valeur énergétique d'un 1kg de bois en fonction de son humidité (kWh/kg) selon le tableau ci-joint :

Valeur énergétique du bois en fonction de son humidité (kWh/kg)			
Taux d'humidité	PCI - Feuillus	PCI - Résineux	Classification
0%	5,00 kWh/kg	5,30 kWh/kg	Etat sec
10%	4,43 kWh/kg	4,70 kWh/kg	Etat sec
20%	3,86 kWh/kg	4,10 kWh/kg	Etat sec
30%	3,30 kWh/kg	3,51 kWh/kg	Etat intermédiaire
40%	2,73 kWh/kg	2,91 kWh/kg	Etat intermédiaire
50%	2,16 kWh/kg	2,31 kWh/kg	Bois vert
60%	1,59 kWh/kg	1,71 kWh/kg	Bois vert
70%	1,02 kWh/kg	1,11 kWh/kg	Bois vert

Le volume occupé par les bûches selon l'essence du bois consommé dans la chaudière est plus élevé que la valeur de la densité indiquée sur le tableau ci-dessus à cause des vides laissés entre les bûches. Les valeurs de densité retenues en général par dm<sup>3</sup> ou litre du bois occupé dans le foyer de la chaudière seraient de l'ordre :

- Résineux : 0,29 kg/l
- Feuillus : 0,35 kg/l

A noter que très souvent le bois utilisé pour le chauffage est plus humide que la valeur de 15% donc fournira moins d'énergie à masse égale.

### Rendement énergétiques des chaudières

La chaleur produite par la combustion du bois dans le foyer de la chaudière n'est pas récupérable à 100 % car il y a des pertes de chaleur à prendre en compte. Le rendement énergétique est le rapport entre l'énergie récupérée en sortie de chaudière et l'énergie produite lors de la combustion.

	Rendement	Autonomie
<b>Chaudières à bûches</b>		
à combustion montante	50 à 90 %	plus de 4 h
à combustion horizontale	60 à 90 %	plus de 4 h
à combustion inversée	65 à 90 %	plus de 6 h
turbo	75 à 90 %	plus de 6 h
à hydroaccumulation	75 à 90 %	suitivant dimensionnement
<b>Chaudières à plaquettes</b>		
	75 à 95 %	suitivant capacité stockage (en général toute la saison de chauffe)
<b>Chaudières à granulés</b>		
	75 à 95 % 75 à 105 % pour les chaudières à condensation	suitivant capacité stockage (en général toute la saison de chauffe)

Source : ADEME, données théoriques

### Calcul du Volume du ballon tampon par hydroaccumulation :

Le volume tampon recommandé sur les installations de chaudières bois permet un stockage de l'énergie dégagée par la charge de bois afin d'éviter des excès de puissance sur les circuits usages, notamment de chauffage.

L'énergie à stocker dans le volume tampon est l'énergie dégagée par une charge de bois est et déterminée (déjà précisée sur le chapitre précédent) par la formule suivante :

$$QE = \frac{Deper \cdot 24}{Nbre\_charges}$$

La formule de dimensionnement du volume tampon (en litres) préconisée pour les chaudières au bois est la suivante (hors contenance du réseau) :

$$Volume\ hydroaccumulation = \frac{QE \cdot 1000}{1,163 \cdot \Delta T} \cdot 0,66$$

Avec :

- QE : l'énergie dégagée durant la combustion d'une charge de bois pour les chaudières manuelles ou d'un cycle pour les chaudières automatiques, en kWh.
- DT : Différence de température entre les points haut et bas du volume tampon, en Kelvin. (90°C stockage - 40°C retour installation)
- 0,66 = Temps de combustion environ 8 heures, soit 1/3 de 24 h d'énergie qui ne va pas dans le ballon tampon mais qui est amenée en direct au réseau de chaleur (pendant le temps de combustion)
- 1,163 : Un kilo d'eau reçoit 1,163 kWh / °C d'échauffement

Notons que plus la température de sortie de la partie usage (ou d'entrée production) est basse, plus le volume tampon est efficace puisque l'on pourra mieux profiter de l'énergie stockée.

Si la température de sortie de la partie usage (ou d'entrée production) est trop élevée, la contenance du volume tampon doit être plus importante car la différence de température est alors plus faible.

Toutefois, dans le cas des installations bois, il convient d'éviter des températures d'eau trop basses en entrée de production afin de ne pas engendrer des désordres sur le corps de chauffe de la chaudière (condensation acide).

### Exemple de calcul d'une installation en chauffage à bois

Dimensionnement de l'installation chauffage à bois	ThermExcel
<b>Calcul : Volume utile chargement bois :</b>	
Dépense du bâtiment (T° extérieure de base de référence)	10,0 kW
Nombres de remplissage du foyer de la chaudière par jour :	2 charges/jour
Rendement de la chaudière (Voir avec le fabricant)	83%
Energie dégagée durant la combustion d'une charge de bois (QE)	120,00 kWh
Pouvoir calorifique du bois utilisé (PCI) (Valeur selon le bois et % humidité)	4,00 kWh/kg
Masse de bois consommé durant une charge dans la chaudière	36,14 kg
Densité bois dans le foyer de la chaudière (Résineux: 0,29 kg/l, feuillus: 0,35 kg/l)	0,35 kg/litre
<b>Volume utile du chargement bois (Chambre de combustion) :</b>	<b>103 litres</b>
<b>Calcul : Volume du ballon d'hydroaccumulation :</b>	
Energie dégagée durant la combustion d'une charge de bois (QE)	120,00 kWh
Différence de température entre le haut et le bas du volume tampon (ΔT)	50 K
<b>Volume du ballon d'hydro accumulation : Volume = <math>\frac{QE \cdot 1000}{1,163 \cdot \Delta T} \cdot 0,66</math></b>	<b>1,38 m3</b>

La différence de température entre les points haut et bas du volume tampon est généralement déterminée à partir des températures d'entrée et de sortie de production. Par défaut, avec une chaudière bois, la température de sortie production retenue est de l'ordre de 85 °C. Les valeurs de différence sont donc de :

- 50 K si de l'eau chaude sanitaire est produite par bain-marie (le bas du volume tampon est alors à une température de 55 °C) ou si un plancher chauffant est alimenté. C'est la valeur habituellement retenue ;
- 45 K si l'eau chaude sanitaire n'est pas produite par bain-marie et si un réseau de radiateurs à basse température est alimenté ;
- 20 K si l'eau chaude sanitaire n'est pas produite par bain-marie et si un réseau de radiateurs est alimenté.

## CONCEPTION INSTALLATION HYDRAULIQUE

### Principe de l'hydroaccumulation

Fonctionnement du système: après allumage, la chaudière fonctionne à puissance maximale et charge le volume d'eau dans le ballon à la température désirée d'environ 90°C. En fin de combustion, la charge se termine et l'énergie accumulée dans le ballon est distribuée et régulée à l'aide d'une régulation adaptée. Le temps de chauffe du ballon dépend de la taille de celui-ci et des besoins énergétiques dans la maison. S'il est impossible, pour des raisons de place d'utiliser un seul ballon d'accumulation de grand volume, il est possible d'installer plusieurs ballons raccordés en série/parallèle selon les phases de fonctionnement.

Le rôle de l'hydroaccumulation sera de permettre au ballon tampon d'absorber de façon optimale le surplus d'énergie produit par la chaudière pour permettre une plus grande autonomie le fonctionnement du chauffage central.

### Schéma de principe d'un volume tampon à deux piquages monté en hydro accumulation bois (Principe de fonctionnement)

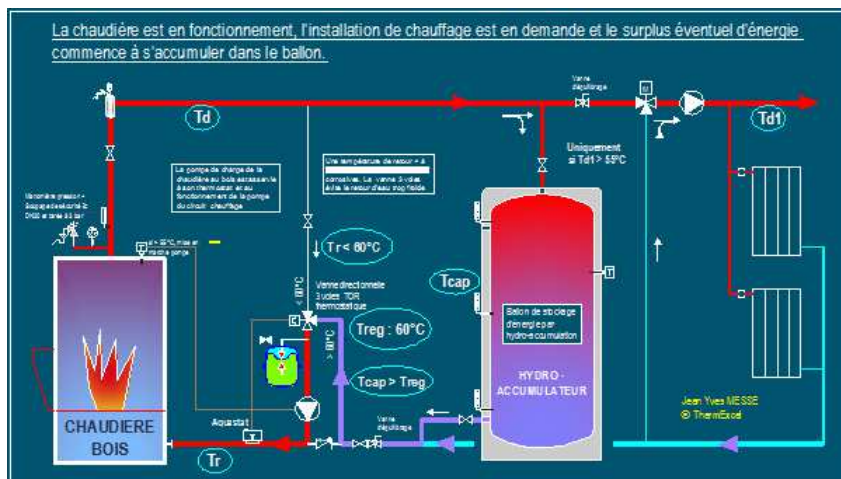
Couplé aux systèmes où une forte stratification est recherchée, le volume tampon à deux piquages monté en hydroaccumulation bois sera préféré.

En effet, le montage du volume tampon à deux piquages dans cette configuration (Voir les schémas suivants) permet de découpler la partie production et la partie usage tout en évitant les phénomènes parasites. Ce découplage est nécessaire dans le cas d'un générateur au bois car l'énergie dégagée par la combustion doit pouvoir être dissipée et stockée (et de préférence réutilisée), même lorsqu'aucun besoin n'est requis. De plus, lorsque les circulateurs des circuits sont en fonctionnement, les vitesses au sein du volume tampon sont réduites et la stratification est augmentée. Enfin, la température de l'eau en entrée d'usage est égale à la température de l'eau en sortie de production lorsque le débit côté production est supérieur au débit côté usage.

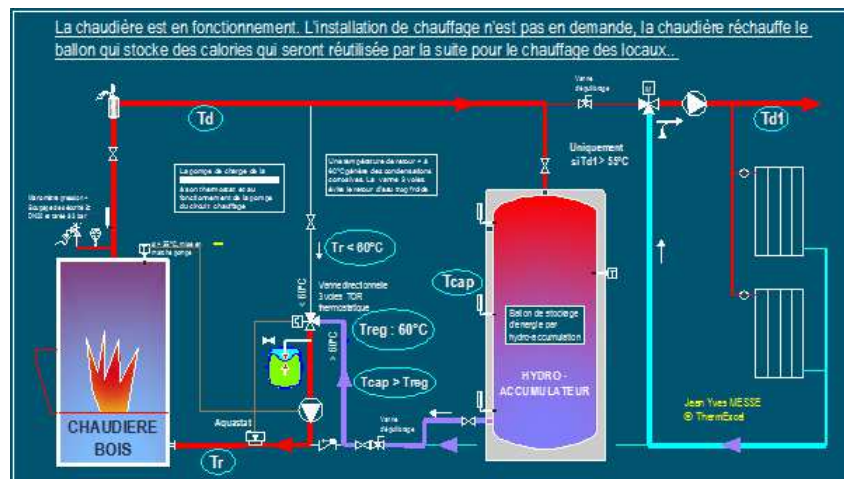
Par rapport au volume tampon à quatre piquages, ce montage permet une meilleure stratification car la circulation de fluide au sein du volume tampon ne se fait que dans un seul sens (une entrée et une sortie) et est plus faible lorsque les circuits production et usage fonctionnent simultanément (le débit dans le volume tampon est donc égal à la différence des débits de production et d'usage).

### Principe de fonctionnement avec le ballon tampon

Lorsque la chaudière bois remonte en température au-delà de 60...65°C, soit parce qu'un lit de braises agit par inertie, soit parce qu'elle a été rechargée, l'énergie thermique délivrée par la chaudière est transmise en priorité au circuit de chauffage. Seul transite dans le ballon le différentiel de débit entre la pompe de charge de la chaudière et le débit recyclé (vanne de mélange) de la pompe du circuit chauffage.



Quand les besoins chauffage de l'habitat sont atteints et que les dispositifs de régulation de température (Vanne de mélange et robinet thermostatique) réduisent le débit secondaire, le débit de la pompe de charge de la chaudière est dévié vers le ballon tampon stockant au passage l'énergie excédentaire par hydro-accumulation.

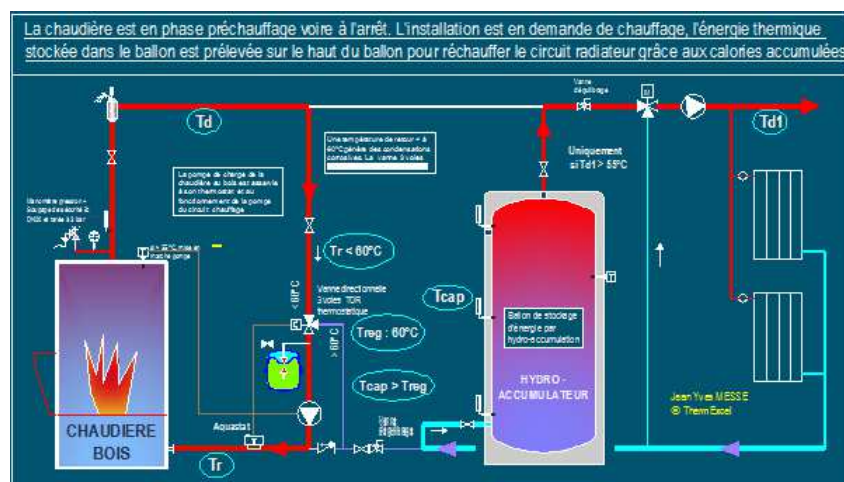


Il est préférable que le débit du circuit primaire en amont du ballon tampon soit similaire au débit de la pompe du circuit chauffage de manière à ce que les vitesses au sein du volume tampon soient réduites le plus possible permettant d'améliorer la stratification de la température (Mise en place de vannes de réglage)

Quand la combustion du bois diminue ou que la charge de bois dans la chaudière est épuisée et que la température de retour de la chaudière baisse à une valeur en deçà d'une valeur limite ( $55 \dots 65^{\circ}\text{C}$  selon les recommandations du fabricant), la vanne 3 voies thermostatique bypass le départ directement vers le retour de la chaudière.

La circulation entre la chaudière et le stockage d'énergie devient inexistante aussi longtemps que la chaudière n'a pas atteint la température au-delà de  $55 \dots 65^{\circ}\text{C}$ .

C'est le ballon tampon chargé en énergie par hydro-accumulation, qui prend le relais et fournit les calories à l'habitation selon les besoins en chauffage.

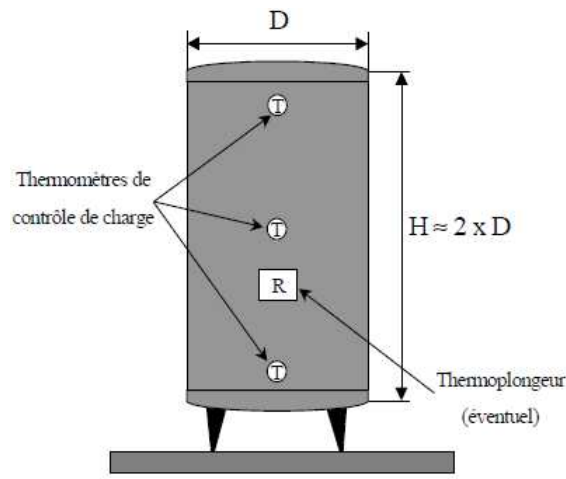


### Règles de conception du ballon d'hydroaccumulation

Il faut choisir un ballon 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

Il sera donc de préférence vertical et le plus isolé possible

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.



Le ballon doit être équipé de trois thermomètres de contrôle de charge :

- un en partie haute,
- un en partie médiane
- et un en partie basse.

L'épaisseur d'isolant doit être de 40 à 60 mm de polyuréthane ou de 50 à 80 mm de laine de verre. Il faut éviter les turbulences dues aux entrées et sorties d'eau (effet de jet).

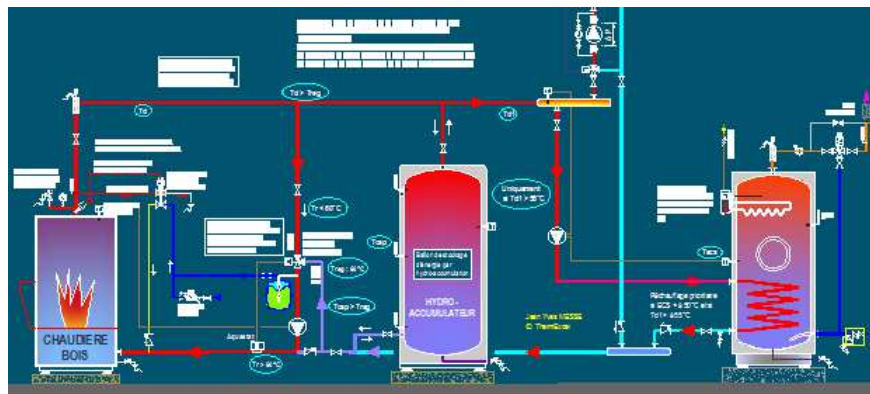
La vitesse du jet doit rester inférieure à 0,6 m/s d'où la nécessité d'utiliser des diffuseurs et de bien dimensionner les piquages.

Le ballon peut être équipé de résistances électriques d'appoint immergées.

Dans le cas d'un couplage de plusieurs ballons, le ballon de production d'ECS doit se trouver dans le premier ballon raccordé à la chaudière.

### Exemples d'installation chauffage bois

#### Chauffage avec chaudière bois et ballon à hydroaccumulation + Production d'ECS dissociée avec ballon échangeur



Production d'eau chaude sanitaire (ECS) avec un ballon à échangeur. Un appoint électrique placé dans le ballon permettra un maintien de la température de l'eau stockée, en mi saison, en période estivale, ou après une longue période d'inutilisation.

Réchauffage d'appoint électrique si la température ECS < 45°C et de nuit s'il y a un comptage double tarif.

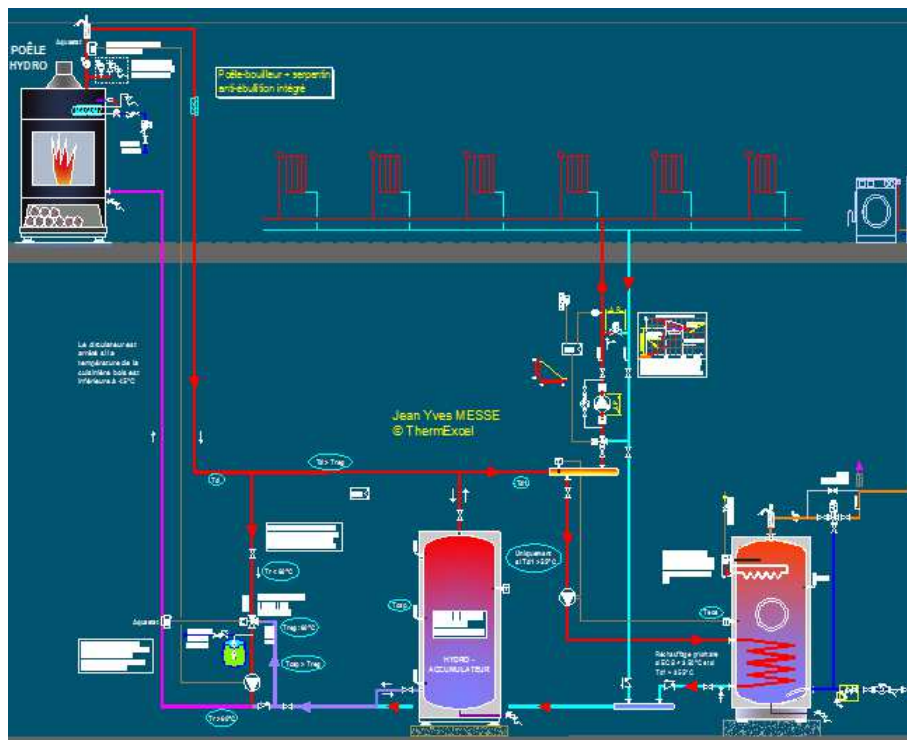
Le réchauffage de l'eau dans le ballon ECS ne pourra se faire à partir de la chaudière bois que si la température de départ du fluide chauffant soit au moins supérieure de 5°C au-dessus de la température de stockage ECS (55°C)

La capacité d'accumulation du ballon combiné optimise le temps de fonctionnement de la chaudière.

Il n'est pas judicieux d'utiliser la chaudière au bois pour faire uniquement de l'eau chaude sanitaire en saison estivale. Dans ce cas-là, la production d'eau chaude sanitaire sera obtenue par la résistance électrique dans le ballon ECS.

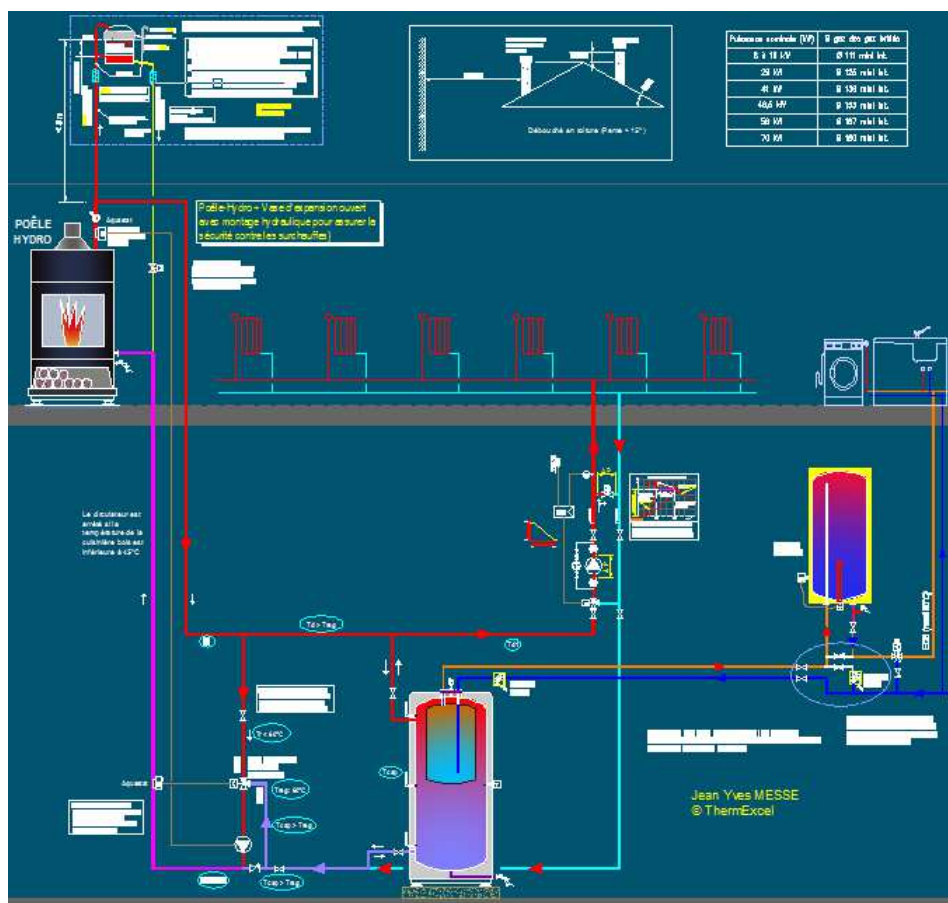
#### Chauffage avec poêle-hydro et ballon à hydroaccumulation + Production d'ECS dissociée avec ballon échangeur





#### Chauffage + production d'ECS avec ballon combiné + Appoint séparé par ballon avec montage en série

Production d'eau chaude sanitaire (ECS) avec un ballon au « bain marie » à l'intérieur du ballon d'hydroaccumulation (comme sur le schéma ci-dessous). Un chauffe électrique d'appoint est monté en série avec le ballon de stockage.



La température de l'eau fournie par un chauffe-eau à bain marie peut atteindre des niveaux très élevés. Cela rend la pose d'un limiteur de température, au départ de la distribution ECS indispensable. Un clapet anti retour doit être installé sur l'arrivée d'eau froide du limiteur de température, si ce dernier n'en est pas équipé.

Court-circuitage possible en été ou pour la maintenance de l'ECS du chauffage bois directement sur le chauffe-eau

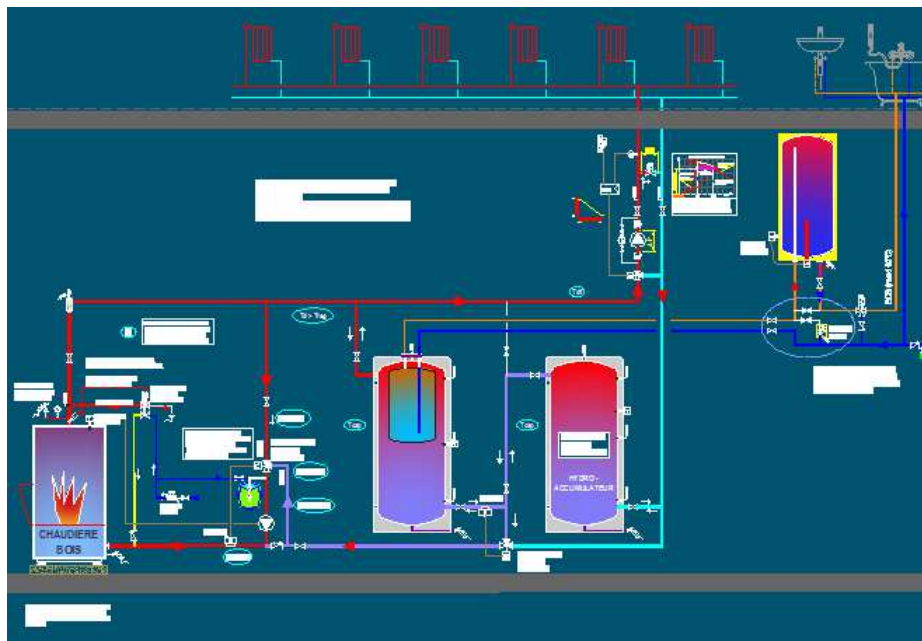
électrique d'appoint. La pose d'un groupe de sécurité sanitaire à l'entrée du ballon électrique d'appoint est à déplacer sur le by-pass si ce dernier n'accepte pas des températures d'eau chaude élevée (Prévoir dans ce cas une soupape de sécurité sur la sortie ECS).

Comme dans le chapitre précédent, il n'est pas judicieux d'utiliser la chaudière au bois pour faire uniquement de l'eau chaude sanitaire en saison estivale. Dans ce cas-là, la production d'eau chaude sanitaire sera obtenue par la résistance électrique dans le ballon ECS.

#### Remarque

Sur ce schéma d'installation il est prévu un système d'expansion ouvert à l'air libre avec en complément une canalisation de retour permettant d'établir une circulation naturelle entre ce générateur et le vase d'expansion en cas de surchauffe. Le vase d'expansion doit être dimensionné avec au moins 20 % du volume de l'eau contenue dans l'installation. Ceci est une véritable contrainte dans le cas d'un stockage d'énergie par hydro-accumulation. Il serait préférable de s'orienter vers la mise en place d'un vase d'expansion fermé associé à une soupape de sécurité sur ou en sortie de chaudière (Sécurité contre la surpression d'eau) et d'une soupape de sécurité thermique (Sécurité contre la surchauffe de l'eau)

#### Autre schéma similaire au précédent mais avec une chaudière bois + un 2ème réservoir à accumulation en série



Copyright © 2003-2014 - ThermExcel - All Rights Reserved

