

SCHÉMATHÈQUE

SCHÉMATHÈQUE APPAREILS DE CHAUFFAGE AU BOIS BUCHES EN HABITAT INDIVIDUEL

MARS 2019 – VERSION 1.0

● NEUF ● RÉNOVATION



AVANT-PROPOS

Programme PACTE

Le Programme d'Action pour la qualité de la Construction et la Transition Énergétique a pour objectif d'accompagner la montée en compétences des professionnels du bâtiment dans le champ de l'efficacité énergétique dans le but d'améliorer la qualité dans la construction et les travaux de rénovation.

Financé par les Pouvoirs publics, le programme PACTE s'attache depuis 2015 à favoriser le développement de la connaissance, la mise à disposition de référentiels techniques et d'outils pratiques modernes adaptés aux pratiques des professionnels et, à soutenir les territoires dans toutes leurs initiatives dans ce champ.

Les actions menées s'inscrivent dans la continuité des travaux de modernisation des Règles de l'art initiés dans le cadre du programme RAGE.

Les Guides PACTE

Les Guides PACTE sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en oeuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter. Ils n'ont pas vocation à se substituer aux textes de références en vigueur (NF DTU, ATec ou DTA, etc.).

Retrouvez gratuitement la collection sur www.programmepacte.fr

UNE COLLECTION
UNIQUE



SOMMAIRE

01 • Présentation	4
02 • Règles générales pour optimiser le fonctionnement des appareils de chauffage au bois bûches	6
03 • Schéma 1 : Appareils à bûches à bouilleur pour une production de chauffage uniquement	11
04 • Schéma 2 : Appareils à bûches à bouilleur avec chaudière d'appoint pour une production de chauffage uniquement	21
05 • Schéma 3 : Appareils à bûches à bouilleur pour une production de chauffage et d'eau chaude sanitaire	33
06 • Schéma 4 : Chaudière à bûches pour une production de chauffage seule	44
07 • Schéma 5 : Chaudière à bûches pour une production de chauffage et d'eau chaude sanitaire	55
08 • Schéma 6 : Chaudière à bûches pour une production de chauffage avec chaudière en relève	67
09 • Schéma 7 : Chaudière à bûches couplée à une production solaire thermique	77
• Table des matières	87
• Table des tableaux	88
• Table des schémas	89



AVERTISSEMENT

Ce document intègre des schémas types hydrauliques d'installations d'appareils de chauffage au bois bûches en habitat individuel.

Il revient au lecteur de vérifier leur compatibilité avec les spécifications techniques de l'appareil et les schémas proposés par le fabricant.



VERSION	DATE DE LA PUBLICATION	MODIFICATIONS
INITIALE	Mars 2019	



Cette schémathèque a pour vocation d'être un outil pratique et pédagogique de choix et de conception des installations d'appareils de chauffage au bois bûches en habitat individuel. Elle concerne à la fois les installations neuves et rénovées. Les équipements traités sont :

- les appareils de chauffage divisé à bûches équipés d'un dispositif de récupération de chaleur (appelé bouilleur) : ce sont les cuisinières, poêles et inserts raccordés à un circuit hydraulique de chauffage et/ou d'ECS ;
- les appareils de chauffage centralisé à bûches : ce sont les chaudières alimentant un circuit hydraulique de chauffage et/ou d'ECS.

Elle présente :

- des règles générales permettant d'optimiser le fonctionnement d'une installation bois. Les hypothèses conduisant à des schémas hydrauliques performants et au respect du fonctionnement des matériels sont listés ;
- les schémas types, en nombre limité, qui constituent le cœur du guide. Ils sont expliqués et argumentés selon le domaine d'application défini par le type d'appareil de chauffage (bûches, granulés, chaudière, bouilleur), les caractéristiques de l'installation, avec ou sans production d'ECS, avec radiateurs, plancher chauffant, en insistant sur le fonctionnement hydraulique et la régulation.

Chaque fiche schéma type est composée :

- du schéma hydraulique complet avec accessoires correspondant au cas général et sa régulation ;
- des spécificités du schéma liées au type d'appareil au bois et au type d'émetteur, pour répondre à la question « Avez-vous choisi le bon schéma ? » ;
- de l'explication du fonctionnement hydraulique et de la régulation, en mettant en avant les points de vigilance éventuels. On retrouve les notions de performance à pleine charge et à charge partielle de l'appareil, de protection des retours vers l'appareil, de protection surchauffe de l'appareil, de ballon d'hydro-accumulation ;
- de schémas en options au schéma général : production d'eau chaude sanitaire, autres types d'émetteurs ;
- des conseils de dimensionnement des principaux équipements hydrauliques ;
- de la liste argumentée des accessoires hydrauliques obligatoires ou conseillés.

En complément des fiches, des informations plus générales sont fournies :

- les règles pour optimiser le fonctionnement de l'appareil bois. On retrouve des informations sur le choix du combustible, l'usage des appareils (allumage, rechargement...) et l'installation de fumisterie ;
- les notions le dimensionnement des principaux équipements hydrauliques : circulateur, vase d'expansion, ballon d'hydro-accumulation,... ;
- Les points d'attention, au-delà de l'hydraulique : prévention de l'embouage, choix du disconnecteur,...

02

RÈGLES GÉNÉRALES POUR OPTIMISER LE FONCTIONNEMENT DES APPAREILS DE CHAUFFAGE AU BOIS BÛCHES



2.1 Privilégier un combustible bois de qualité

Les paramètres liés aux combustibles ont un impact équivalent voire supérieur à la technologie de l'appareil sur les performances (rendement, émissions de poussière, monoxyde de carbone). Un appareil récent, fonctionnant avec un combustible de mauvaise qualité peut même avoir un rendement inférieur à celui d'un appareil ancien alimenté avec un combustible de qualité.

En suivant les préconisations des fabricants d'appareil et en utilisant un combustible sec, calibré et écorcé, il est possible d'atteindre les rendements proches de 80 % et une réduction des émissions de particules pouvant atteindre 88 % par rapport à l'utilisation de bûches non fendues et humides avec un poêle récent performant.

Utiliser un combustible de qualité (sec, calibré et écorcé) permet de prolonger la vie de l'appareil de chauffage et du conduit de fumée. Il facilite l'entretien (pas d'encrassement, peu de cendres...), améliore la sécurité (faible risque de bistrage...) et optimise le confort (allumage facile, montée en température rapide et belle flamme).

L'humidité est le paramètre le plus important pour garantir la qualité de combustion. Avec du bois ordinaire contenant environ 30 % d'humidité (1 an de séchage), la dégradation de la combustion est très sensible comparée au bois sec (< 20 %). Par exemple, avec un appareil récent, les émissions de particules sont multipliées par 8. En outre, il est préférable d'utiliser un combustible fendu contenant un minimum d'écorce.

2.2 Assurer un tirage stable

Le tirage doit être le plus stable possible. Il ne doit pas être trop fort, ni insuffisant. S'il est insuffisant, il y a risque :

- de refoulement des fumées à l'intérieur de l'habitation ;
- d'encrassement de l'appareil et du conduit de fumée (goudronnage) ;
- de combustion inefficace et polluante ;
- d'un entretien plus régulier et d'une durée de vie des équipements limitée.

S'il est trop fort :

- l'appareil peut fonctionner en surrégime (surchauffe et limitation de la durée de vie de l'équipement) ;
- la consommation est augmentée.

2.3 Assurer une amenée d'air comburant suffisante

L'amenée d'air comburant est indispensable au bon fonctionnement de l'appareil. Pour les appareils non étanches dont l'évacuation des produits de combustion est verticale et la position du débouché conforme à l'article 18 de l'arrêté du 22 octobre 1969, l'amenée d'air peut être prélevée :

- par orifice dans une paroi donnant sur l'extérieur ou sur une zone ventilée en permanence sur l'extérieur ;
- par conduit d'air raccordé à l'appareil donnant sur l'extérieur ou sur une zone ventilée en permanence sur l'extérieur.

! En présence d'un système d'extraction d'air mécanisée ou d'un appareil fonctionnant en tirage naturel, une attention particulière doit être portée sur une éventuelle interaction avec le fonctionnement de l'appareil de combustion. Il est dans ce cas recommandé de privilégier une amenée d'air par conduit d'air raccordé à l'appareil.

2.4 Mettre en œuvre un ballon d'hydro-accumulation

! Dans tous les cas, il est nécessaire de respecter la notice technique du fabricant.

L'hydro-accumulation consiste à intercaler une réserve d'eau chaude primaire dans des hydro-accumulateurs (ballons tampons) entre la chaudière et les émetteurs. Cette réserve d'eau stocke une partie ou toute l'énergie produite par la chaudière. Le stockage se fait pendant le temps de marche de la chaudière, et la restitution se fait à l'arrêt. Elle permet de :

- lisser les appels de puissance chauffage et ECS ;
- annuler les phases de ralenti de la chaudière ;
- gérer les excédents d'énergie ;
- découpler les circuits primaires et secondaires ;
- répondre à la faible réactivité de la chaudière.

La présence ou non de ce ballon va avoir une influence considérable sur le dimensionnement de la chaudière, et sur le réseau hydraulique correspondant.

2.4.1 Cas des appareils de chauffage divisé équipés d'un dispositif de récupération de chaleur (appelé bouilleur)

La mise en œuvre d'un ballon d'hydro-accumulation est recommandée. Il permet un fonctionnement de l'installation optimal en mi-saison, lorsque le réseau de distribution est peu utilisé. L'appareil peut alors fonctionner sur sa partie « air » plus longtemps sans risquer de se mettre intempestivement en « arrêt » lorsqu'il atteint prématurément sa consigne sur l'eau.

Pour que l'appareil à bûches fonctionne toujours à sa puissance nominale, même quand la demande est très faible, le volume du ballon doit être capable d'absorber une charge complète de l'appareil à bûches.

! La capacité du ballon d'hydro-accumulation peut être recommandée par le fabricant. Un ratio compris entre 40 et 60 litres par kW de puissance sur l'eau du bouilleur est généralement préconisé.

2.4.2 Cas des chaudières manuelles à bûches

L'hydro-accumulation est la seule solution pour éviter le fonctionnement au ralenti de la chaudière à bûches. Comme la production et la distribution sont séparées, la chaudière peut fonctionner en régime nominal, même en demi-saison. Les phases de ralenti sont éliminées. En outre :

- la chaudière bois peut servir à la production d'eau chaude sanitaire même en été, par bain-marie dans le ballon hydro-accumulateur ;
- on peut régler indépendamment la distribution ;
- on améliore l'autonomie (on peut charger tout le volume de la chaudière même en demi-saison) ;
- on peut alimenter un plancher chauffant, un réseau basse température (c'est même recommandé) ;
- on peut coupler avec une autre énergie plus aisément ou utiliser une autre énergie renouvelable.

On peut dimensionner le ballon hydro-accumulateur pour deux utilisations différentes :

- pour un fonctionnement à P_{min} (stockage du surplus de chaleur quand les besoins sont inférieurs à P_{min}) ;
- pour un fonctionnement à P_{nom} (stockage du surplus de chaleur quand les besoins sont inférieurs à P_{nom}), c'est ce qui garantit le meilleur fonctionnement de l'installation.

! Il est indispensable de faire le point avec son client sur ses attentes afin d'installer la capacité lui permettant de charger sa chaudière au rythme souhaité.

2.5 Respecter les règles de dimensionnement de l'appareil

Un mauvais dimensionnement de l'appareil de chauffage au bois implique :

- un mauvais rendement de combustion lorsque la chaudière fonctionne à une allure réduite (inférieure à son régime nominal) ;
- une augmentation des phases de mise en marche et d'arrêt ;
- une sollicitation accrue des mécanismes de régulation (accélération de leur usure) ;
- une augmentation des pertes thermiques par chaleur sensible des fumées et par imbrûlés gazeux ;
- une augmentation des émissions polluantes.

Le dimensionnement d'un appareil de chauffage divisé ou centralisé est différent.

2.5.1 Cas des appareils de chauffage divisé équipés d'un dispositif de récupération de chaleur (appelé bouilleur)

Pour déterminer la puissance d'un appareil avec bouilleur, il est recommandé de :

- calculer la puissance nécessaire permettant de chauffer la zone où est installé l'appareil ;
- déterminer la puissance récupérée par le bouilleur. Elle est fonction du nombre d'émetteurs pouvant être raccordés au bouilleur de l'appareil ;
- choisir un appareil disposant de la puissance cumulée.

! Une puissance d'appareil trop élevée peut entraîner une surchauffe de la pièce où se situe l'appareil et de ce fait un inconfort thermique pour l'utilisateur. Le choix de l'appareil doit être réalisé en regard de la part de puissance émise par rayonnement et convection de l'appareil. Elle doit être au plus égale aux déperditions totales de la pièce où est installé l'appareil.

2.5.2 Cas des chaudières manuelles à bûches

L'alimentation de la chaudière est manuelle et nécessite l'intervention du client. En outre, la chaudière ne peut stopper la combustion avant que la charge soit brûlée (pas de coupure rapide) et doit produire l'énergie nécessaire, sans rechargement, pour toute une nuit pour les températures de base. Deux critères sont ainsi à prendre en compte :

- l'énergie nécessaire au chauffage à la température extérieure de base ;
- le confort d'exploitation (hydro-accumulation technique ou de confort).

La sélection de la chaudière est réalisée en regard du volume de chargement de la chaudière (ou la masse de bois qu'elle peut contenir) et le volume du ballon d'hydro-accumulation. Le volume de chargement doit permettre de libérer une quantité d'énergie capable de subvenir à l'intervalle minimum de rechargement (correspondant souvent à une nuit soit 7 à 8h). La puissance installée doit être largement supérieure aux déperditions avec un facteur de dimensionnement supérieur à 2 voir 3.

! Une autonomie trop faible obligeant le client à charger durant la nuit est condamnable en cas de procédure judiciaire.

2.6 Privilégier une régulation en fonction de la température extérieure

Il est fortement recommandé de privilégier une régulation en fonction de la température extérieure (régulation climatique).

Une régulation en fonction de la température extérieure agit sur la vanne à trois voies au départ du circuit de chauffage et règle la température d'eau alimentant le circuit de chauffage en fonction de la température extérieure.

Pour la plupart des fabricants, cette régulation en fonction de l'extérieur est naturellement assurée par le régulateur intégré à l'appareil au bois. Cette fonction peut aussi être assurée par les régulateurs localisés en tableau électrique.

Il convient d'être attentif :

- au réglage de la courbe de chauffe. Elle doit être paramétrée à un niveau suffisant pour répondre aux besoins, sans plus. On portera d'autant plus d'attention à ce réglage en cas d'émetteurs surdimensionnés ;
- à l'emplacement de la sonde de température extérieure : au nord ou nord-ouest.

Certains régulateurs permettent de raccorder une sonde de température ambiante pour compenser la température d'eau délivrée. Elle sert à adapter la courbe de chauffe pour atteindre la consigne d'ambiance fixée.

! Pour la régulation, la sonde de température extérieure doit être placée au nord. À défaut, le nord-ouest est préféré car la sonde n'est réchauffée par l'ensoleillement qu'en fin de journée : le chauffage se réduit alors que la température ambiante est surélevée par l'occupation et l'ensoleillement éventuel. En présence de plancher chauffant, l'implantation au nord-est peut toutefois permettre d'éviter les surchauffes en ambiance engendrées par l'inertie du système.

Le fonctionnement d'une chaudière bois bûche (puissance constante tout au long de son fonctionnement) nécessite la mise en œuvre d'un ballon d'hydro-accumulation. Il permet d'assurer une régulation fine, totalement identique à ce qui se fait pour les chaudières automatiques.

2.7 Appareil au bois avec chaudière en relèvement : fonctionnement simultané ou alterné

L'ensemble des besoins du site peut être couvert :

- uniquement par le bois : on parle d'installation mono-énergie ;
- par le bois et une chaudière en appoint utilisant de préférence un combustible fossile : on parle d'installation bi-énergie.

La bi-énergie utilisant le bois peut être utilisée de deux façons :

- la bi-énergie alternative : dimensionner la chaudière bois à 100 % des déperditions. La chaudière bois fonctionne alors en pleine saison, et cesse de fonctionner lorsque les besoins sont sous sa puissance minimale (30 % de la charge), laissant la place à l'appoint ;
- la bi-énergie simultanée : dimensionner la chaudière bois pour 60 % des déperditions, l'appoint assurant le reste. Le taux de couverture global des besoins de chauffage par le bois atteint 80-90 %. La plage de modulation de la chaudière bois est ainsi optimisée sur l'ensemble de l'année.

La mise en marche des chaudières à bûches et d'appoint n'est pas gérée en cascade par la régulation, l'intervention est humaine.

COMMENTAIRE

Dans le domestique, la bi-énergie alternative est la plus utilisée (nécessité d'un seul conduit de fumée).

Une installation bi-énergie permet en outre de rassurer le maître d'ouvrage. Il dispose d'un secours : si la chaudière bois est à l'arrêt (pour cause d'entretien, de panne ou de problème d'approvisionnement du combustible bois), la chaudière d'appoint est capable de couvrir tout ou en partie les besoins du site.

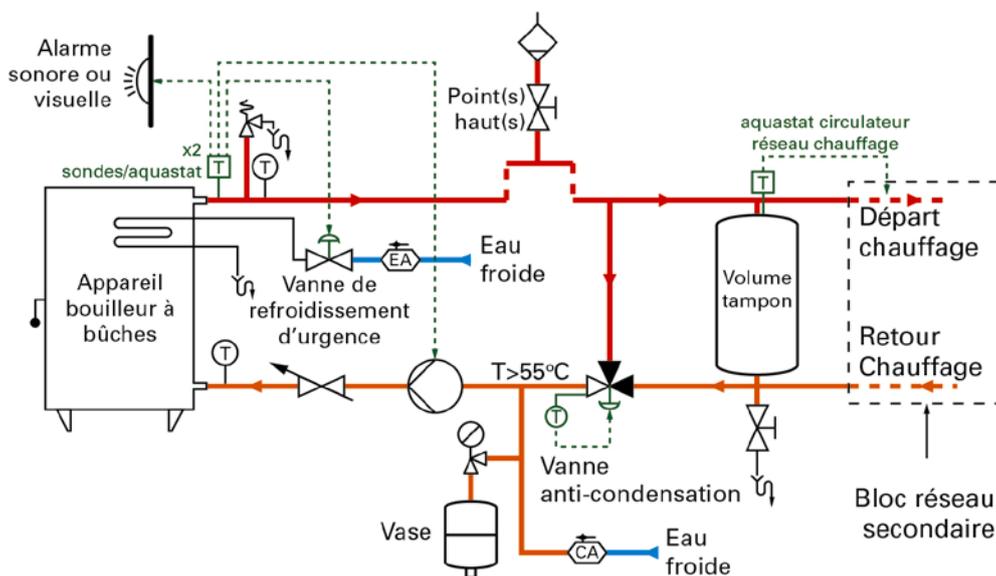
03

SCHÉMA 1 : APPAREILS À BÛCHES À BOUILLEUR POUR UNE PRODUCTION DE CHAUFFAGE UNIQUEMENT

! Les appareils à bouilleur ne sont pas recommandés en habitat neuf.

Les appareils à bouilleur traités dans cette partie sont les cuisinières, les poêles ou les inserts raccordés sur un circuit hydraulique de chauffage. Ce schéma comporte un appareil bouilleur à bûches qui alimente un circuit de chauffage (radiateurs ou plancher). Il intègre un ballon d'hydro-accumulation.

Schéma 1 : Raccordement d'un bouilleur à bûche seul sur un réseau de chauffage à vase fermé



COMMENTAIRE

L'offre actuellement disponible s'oriente vers des appareils à bûches à raccorder sur des réseaux d'eau fermés. Il existe une gamme spécifique, historique et plus ancienne, permettant un raccordement sur un circuit ouvert sur l'atmosphère.

Cette gamme concerne essentiellement les cuisinières (fourneaux à bûche) à large passage d'eau et pouvant parfois fonctionner en thermosiphon. Ce type de matériel n'est pas étudié ici.

Schéma 2 : Circuits de distribution : sur radiateurs : le réseau n°1 alimente un réseau de radiateurs

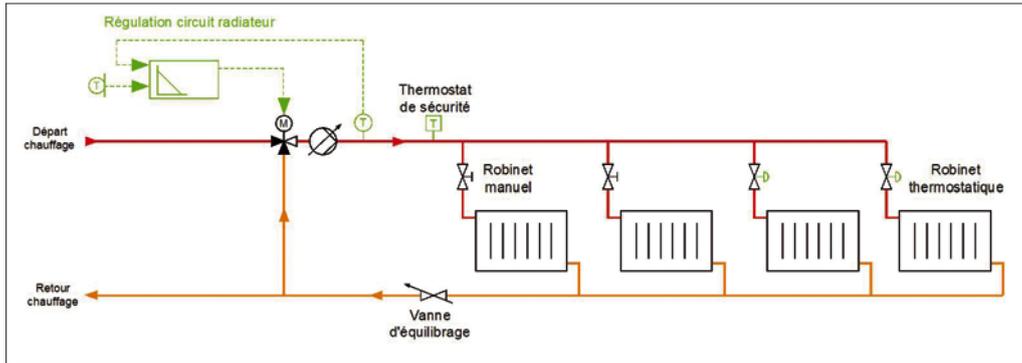
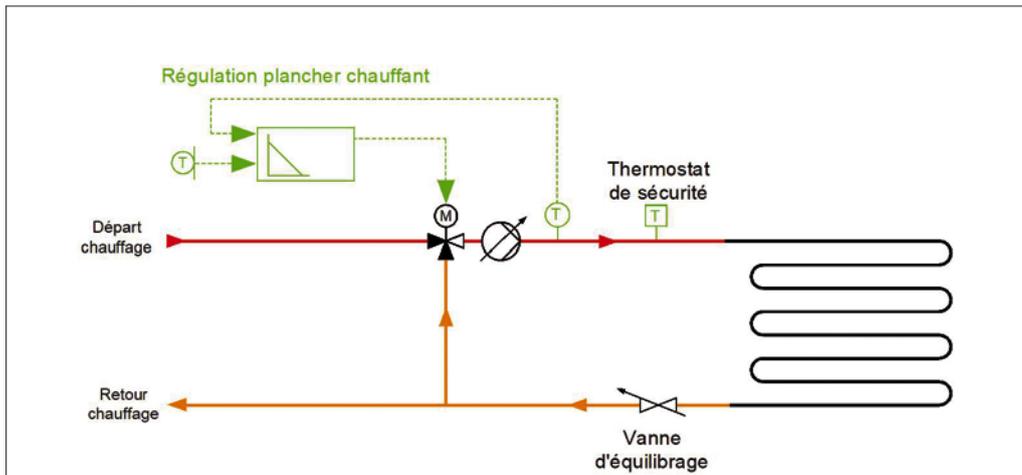


Schéma 3 : Circuits de distribution : sur plancher chauffant : le réseau n°2 alimente un réseau de plancher chauffant



< AVEZ-VOUS CHOISI LE BON SCHÉMA ?

- L'installation assure uniquement la production de chauffage.
- Le bouilleur suffit à chauffer la maison (sans provoquer de surchauffe dans la pièce d'installation) ou il existe un système de chauffage complémentaire.
- L'installation du bouilleur et du ballon d'hydro-accumulation est envisageable (implantation des tuyauteries pour raccorder le bouilleur à l'installation de chauffage pour raccorder l'échangeur de sécurité du bouilleur, pour évacuer aux égouts les rejets de la soupape de sécurité et de l'échangeur à eau perdue).

< LES SPÉCIFICITÉS À RESPECTER

- Les appareils équipés de bouilleurs sont conçus conformément à leur norme respective (par exemple, la NF EN 13229 pour les inserts) pour disposer du marquage CE.
- Les bouilleurs à un fonctionnant sur vase ouvert (à pression hydraulique inférieure à 2 bar) sont conçus selon la NF EN 12809.
- Le raccordement hydraulique de ces appareils est conforme aux prescriptions de la NF DTU 65.11.
- Installation d'un ballon d'hydro-accumulation.
- Si aucun ballon d'hydro-accumulation n'est installé, pour éviter toute problématique de dissipation de chaleur, on recommande de disposer d'au moins 50 % x Pbouilleur de puissance en radiateurs disponible sans robinet thermostatique.

- La puissance de rayonnement de l'appareil ne doit pas être trop élevée pour un meilleur fonctionnement et devrait être au plus égale aux déperditions totales de la pièce où est installé l'appareil.

Les types d'appareils bouilleur à privilégier :

- ce schéma convient pour tout type d'appareil bouilleur à bûches.

< PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ET DE LA RÉGULATION

La régulation d'un appareil bouilleur à bûches est un point primordial de sécurité comme de confort. En raison des risques de condensation des fumées et la variation continue de puissance de combustion, une régulation du débit d'eau transitant dans l'appareil est indispensable. Le régulateur usuel comprend les trois actions suivantes :

- actionnement du circulateur du bouilleur uniquement à partir d'un dépassement de température d'eau dans le bouilleur ($T^{\circ} > 50$ à 60°C). Idéalement une sonde est placée dans un doigt de gant prévu à cet effet ;
- actionnement d'une vanne de mélange pour permettre un retour au bouilleur à température supérieure à 55°C ;
- actionnement en cas de surchauffe (température d'eau supérieure à 95°C) de la vanne permettant l'arrivée d'eau froide dans un échangeur de sécurité. Cette action comprend l'activation d'une alarme pour informer l'utilisateur (conformément au NF DTU 65.11).

Le régulateur peut être centralisé ou réalisé par des thermostats ou des actionneurs thermostatiques. L'actionnement de la sécurité de surchauffe est réalisé de préférence par un moyen thermostatique. Dans le cas d'une sécurité électrique, l'électrovanne doit être normalement ouverte mais risque de provoquer des déclenchements intempestifs d'alarme en cas de coupure de courant.

Le régime d'eau du bouilleur peut être considéré avec une différence de température de l'ordre de 15 K à 20 K (soit un départ à 80°C pour un retour de 65°C à 60°C). Se référer à la notice fabricant.

Le ballon d'hydro-accumulation se place en dérivation entre l'appareil à bûches et le circuit de chauffage. Le ballon d'hydro-accumulation peut être à 2 ou 4 piquages.

Dans une configuration à 4 piquages, le ballon d'hydro-accumulation est raccordé au réseau primaire de production en vis-à-vis du réseau secondaire de distribution. Cette solution implique de toujours traverser le ballon d'hydro-accumulation pour alimenter les émetteurs. Le ballon assure le stockage des boues en point bas (pots à boues).

Dans une configuration à 2 piquages, la chaleur produite par l'appareil est directement utilisée et transmise au réseau secondaire. Pour limiter au maximum l'interaction entre les deux réseaux et assurer le découplage hydraulique, il convient de limiter la distance de piquage du té vers le ballon et d'augmenter le diamètre de la canalisation en ce point.

Une régulation en fonction de la température extérieure (régulation climatique) peut être mise en œuvre. Elle agit sur la vanne à trois voies au départ du circuit du circuit de chauffage et règle la température d'eau alimentant le circuit de chauffage en fonction de la température extérieure.

Le circulateur du réseau de distribution doit être au moins activé par un aquastat placé dans le ballon d'hydro-accumulation (en partie haute) ou être activé en permanence ou un moyen équivalent pour assurer la dissipation de chaleur dans les émetteurs de chaleur.

Pour des planchers chauffants, un circulateur à vitesse variable est installé pour limiter les consommations électriques et les bruits. Un régulateur avec une sonde extérieure permet d'adapter la température de départ d'eau

chaude en fonction de la rigueur du climat. Un thermostat de sécurité 55° évite les surchauffes. Cet usage est réservé aux installations dont la puissance du plancher est équivalente à la puissance du bouilleur et dont le départ depuis le ballon est effectué sur un piquage placé à hauteur intermédiaire.

Pour des circuits de radiateurs, un régulateur avec une sonde extérieure permet d'adapter la température de départ d'eau chaude en fonction de la rigueur du climat. Un circulateur à vitesse variable est installé pour limiter les consommations électriques et les bruits.

! Pour des circuits de radiateurs, sans hydro-accumulation, des robinets manuels sont préservés sur les radiateurs (radiateurs de la salle d'eau par exemple) pour pouvoir dissiper un minimum d'énergie. L'installation de robinets thermostatiques est imposée sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

< ACCESSOIRES HYDRAULIQUES OBLIGATOIRES OU CONSEILLÉS

Refroidissement d'urgence

Conformément à la norme NF DTU 65.11 P1-1, le bouilleur doit disposer d'un dispositif de refroidissement actionné par un aquastat limiteur de sécurité taré à environ 95°C (positionné en sortie du circuit d'eau chaude) afin d'empêcher une élévation de température supérieure à 105°C. Le limiteur de température de sécurité (aquastat) doit être conforme à la norme NF EN 60730-2-9. Ce dispositif de sécurité se traduit dans son ensemble soit par :

- un échangeur intégré à l'appareil équipé d'un bouilleur (indépendant du réseau d'eau de chauffage). Il est relié sur le réseau d'eau public et disposant une vanne thermostatique normalement fermée et actionnée par limiteur de température de sécurité (95°C) ;
- une double vanne thermostatique normalement fermée et actionnée par le limiteur de température de sécurité (95°C). Elle est reliée en entrée et en sortie du bouilleur. Ce dispositif nécessite un clapet anti retour pour éviter que l'eau froide ne se dirige vers le circuit de chauffage.

Le dispositif doit actionner un appareil d'alarme lumineux ou sonore en cas de détection de surchauffe permettant d'informer l'utilisateur d'un dysfonctionnement.

Vanne mélangeuse anti-retour froid

Pour éviter la condensation humide et acide dans l'appareil bouilleur, la température de retour d'eau doit être supérieure au point de rosée des fumées bois.

Il est impératif d'assurer des retours chauds à l'appareil (supérieurs à 60°C) en installant une vanne à trois voies thermostatique (régule le débit d'eau de recyclage de façon à assurer des retours supérieurs à 60°C) ou électromécanique (une sonde de température sur le retour bouilleur pilote le moteur de la vanne à trois voies). La voie commune de la vanne trois voies est installée à l'aspiration du circulateur.

Le dispositif anti-retour froid peut être directement intégré dans l'appareil (bipasse ou vanne de mélange) avec un circulateur intégré. Il convient de se référer aux prescriptions du fabricant et à sa condition de garantie.

Vase d'expansion

Il doit être installé un vase d'expansion, ouvert ou fermé. Un vase d'expansion fermé à pression variable doit être mis en œuvre pour assurer une protection

contre les variations de pression dans le circuit hydraulique dues à la montée en température du système. Il doit être positionné de préférence en amont de l'appareil bouilleur et en amont du circulateur.

! Certains appareils équipés d'un bouilleur ne sont pas prévus pour être installés sur un réseau fermé en raison des pressions plus élevées de fonctionnement. Il est donc important que l'installateur choisisse judicieusement l'appareil avant toute installation. Ce point est absolument fondamental en raison des risques encourus par l'utilisation d'installations sous pression à eau chaude dans des lieux de séjours.

Les appareils conçus selon la norme NF EN 14785 sont prévus pour fonctionner en circuit ouvert ou fermé à condition que les exigences qui y sont spécifiées soient respectées.

Les appareils fonctionnant sur vase ouvert ne dépassent en général pas des pressions d'eau de 2 bars conformément à la norme NF EN 12809 de fabrication. Le vase ouvert présente des inconvénients importants. Il demande la mise en place de celui-ci sur le point haut de l'installation (usuellement dans les combles). Une protection contre le gel doit être prévue. De plus la communication avec l'atmosphère entraîne un phénomène d'oxydation dans le réseau d'eau qui produit des boues obturant et détériorant les réseaux métalliques à moyen et long terme.

Disconnecteur sur le réseau d'alimentation en eau

L'installation de chauffage doit être équipée de dispositifs capables de remplir l'installation et d'ajuster le niveau d'eau. La réglementation impose d'installer un disconnecteur de type CA ou BA sur une installation de puissance inférieure à 70 kW raccordée au réseau d'eau potable, selon le fluide caloporteur utilisé. Un ensemble de protection EA, composé d'un clapet de non-retour anti-pollution contrôlable associé à une vanne placée en amont, doit être prévu en complément à une distance inférieure à 3 m du point de piquage.

Robinet de vidange

Le circuit hydraulique équipé d'un bouilleur dispose d'un robinet de vidange installé au point bas de l'installation

Soupape de sécurité

La soupape de sécurité de surpression est obligatoire pour ce type d'installation en réseau d'eau fermé. Si l'appareil à bouilleur n'est pas équipé d'une soupape de sécurité, cet élément doit être installé. La soupape est conforme à la norme NF P 52-001.

! Le montage de la soupape est fait à un endroit accessible. Son raccordement s'effectue à proximité immédiate sur le départ de l'appareil. Aucun dispositif d'isolement n'est prévu entre la soupape et l'appareil muni d'un bouilleur.

Circulateur

Il permet la circulation de l'eau dans la boucle primaire de l'appareil à bouilleur. Le fonctionnement du circulateur est asservi à la température d'eau en sortie du bouilleur, permettant une montée plus rapide en température de ce dernier. Il est commandé par le régulateur/comparateur de l'aquastat du

circuit primaire alimentant le bouilleur afin de fournir une température suffisante en sortie d'appareil (exemple : 80°C). Le circulateur doit être placé sur le retour de l'installation, où la température est moins chaude, et doit pouvoir résister aux températures de fonctionnement ainsi qu'aux pressions de l'installation.

Purgeur d'air

L'installation doit comporter un purgeur situé au point haut du réseau. Il est également conseillé d'équiper le volume tampon. Le purgeur automatique doit être associé à une vanne d'isolement.

Pot de décantation et filtre à tamis

L'installation d'un pot de décantation et d'un filtre à tamis est fortement conseillée en amont de l'appareil bois, sur la canalisation de retour du réseau de chauffage, pour la protéger de l'embouage et préserver un échange thermique optimal.

Le filtre à tamis doit être d'un diamètre au moins égal au diamètre du circuit. L'installation d'un robinet de vidange est conseillée en bas du volume tampon pour permettre d'évacuer les dépôts.

Vanne d'équilibrage

Une vanne d'équilibrage placée en série avec le circulateur, généralement sur le retour du circuit de chauffage, permet d'ajuster le point de fonctionnement du circulateur à vitesse constante afin que le débit soit conforme à celui spécifié par le fabricant de l'appareil bois. Un modèle à mesure de débit est conseillé.

Dans le cas d'un réseau de planchers chauffants, des vannes d'équilibrage doivent être installées sur chaque boucle (au niveau du distributeur ou du collecteur).

Sonde de température

Pour permettre une montée en température plus rapide du bouilleur et éviter l'apparition de condensation, le circulateur est asservi pour fonctionner à partir d'une température comprise entre 50 à 60°C. La sonde est positionnée en sortie du circuit du bouilleur dans un doigt de gant (ou au contact de la tuyauterie).

Manomètre placé sur le circulateur (non représenté sur les schémas)

Le manomètre implanté sur le circulateur doit être associé à deux vannes d'isolement. Il permet de mesurer la hauteur manométrique du circulateur et d'évaluer le débit à partir de la courbe caractéristique du circulateur.

Thermomètres

Le circuit hydraulique équipé d'un bouilleur dispose de deux thermomètres en entrée et en sortie de l'appareil.

Thermostat de sécurité sur le départ du plancher chauffant

La mise en place d'un thermostat de sécurité sur le départ des planchers chauffants est obligatoire. Il doit être à réarmement manuel, indépendant de la régulation et fonctionnant mécaniquement, sans alimentation électrique. Il doit couper la fourniture de chaleur pour que la température dans le plancher chauffant ne dépasse pas 55°C.

En cas de dépassement de température, il doit mettre à l'arrêt la l'appareil bois et l'appoint électrique ainsi que le circulateur.

Robinets thermostatiques

Ils équipent les radiateurs. On rappelle qu'ils sont obligatoires sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

La soupape de pression différentielle représentée permet d'éviter le fonctionnement du circulateur à un point trop élevé sur sa caractéristique et les nuisances sonores induites lorsque les robinets thermostatiques se ferment. Dans ce cas, elle s'ouvre sous l'effet de l'augmentation de pression différentielle. Elle doit être réglée à la hauteur manométrique du point de fonctionnement nominal du circulateur.

La soupape de pression différentielle peut être remplacée par un circulateur à vitesse variable car la présence du volume tampon à quatre piquages assure le découplage hydraulique avec le circuit primaire.

< CONSEILS DE DIMENSIONNEMENT DES PRINCIPAUX ÉQUIPEMENTS HYDRAULIQUES

Ballon d'hydro-accumulation

! La capacité du ballon d'hydro-accumulation peut être recommandée par le fabricant. Un ratio compris entre 40 et 60 litres par kW de puissance sur l'eau du bouilleur est généralement préconisé.

Dans le cas d'un bouilleur à bûche, le dimensionnement de la puissance à installer est souvent limité par la puissance fournie sur l'air de la pièce dans laquelle l'appareil est installé. Pour que l'appareil à bûches fonctionne toujours à sa puissance nominale, même quand la demande est très faible, le volume du ballon doit être capable d'absorber une charge complète de l'appareil à bûches. Le ratio de la hauteur sur le diamètre du ballon doit être compris entre 1,5 et 3 pour une meilleure utilisation de la stratification.

Le volume du ballon d'hydro-accumulation se détermine conformément à la formule suivante :

$$V = \frac{E_{\text{bois}}}{1.16. \Delta T}$$

- V : volume du ballon (m³) ;
- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- ΔT : différence de température entre le point le plus haut du ballon et le point le plus bas du ballon (K).

Détermination de la différence de température (ΔT)

La température de départ du bouilleur peut être considérée égale à 85°C. La différence de température ΔT est de :

- 20 K si on alimente un réseau de radiateurs haute température ;
- 45 K si on alimente un réseau de radiateurs basse température.

Pour limiter le volume du ballon d'hydro-accumulation, la capacité en eau de l'installation (émetteurs et réseau de distribution) peut être retranchée au volume calculé si :

- le circulateur les irrigue en permanence (par un aquastat de déclenchement placé en haut du ballon) ;
- en l'absence de robinet thermostatique sur une partie de la distribution.

Détermination de l'énergie libérée par une charge de bois (E_{bois})

Tous les constructeurs ne donnent pas directement l'énergie libérée par une charge de bois. On peut trouver : sa masse, sa durée de combustion, la capacité volumique de la chaudière.

- si le constructeur donne la masse d'une charge de bois M_{bois} :

$$E_{bois} = \eta \times M_{bois} \times PCI \times ratio_{eau}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge (kWh) ;
 - M_{bois} : masse d'une charge de bois (kg) ;
 - PCI : pouvoir calorifique inférieur estimé à 4 kWh/kg à 20 % d'humidité ;
 - η : rendement de l'appareil à bûches ;
 - $ratio_{eau}$: rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1)
- si le constructeur ne donne que la capacité de chargement de la chaudière V_{bois} :

$$E_{bois} = PCI \times \eta \times V_{bois} \times ratio_{eau}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
 - PCI : pouvoir calorifique inférieur estimé à 1600 kWh/m³ ;
 - V_{bois} : volume du magasin (m³) ;
 - $ratio_{eau}$: rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1)
- si le constructeur donne la durée de combustion d'une charge H_c :

$$E_{bois} = H_c \times P_{nom} \times ratio_{eau}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- H_c : durée de combustion d'une charge de bois à puissance nominale (h) ;
- P_{nom} : puissance nominale de l'appareil (kW) ;
- $ratio_{eau}$: rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1).

COMMENTAIRE

La valeur de H_c de combustion est définie selon le type de matériel. Il faut vérifier en fonction de la typologie d'appareil la durée de combustion moyenne d'une charge nominale. Sur les inserts à bûches, H_c fluctue entre 0,75 et 1,0 h (respectivement pour des appareils à « combustion continue » et à « combustion intermittente »). Sur les poêles à bûches, H_c fluctue entre 0,75 et 1,5 h (respectivement pour des appareils à « combustion continue » et à « combustion intermittente »).

Tableau 1 : Valeurs indicatives d'un bouilleur à bûche à « combustion continue »

PUISSANCE TOTALE P_{totale}	P_{air}	P_{eau}	RATIO _{eau}	M_{bois} (1 charge nominale)	η	PCI	H_c	E_{bois}
20 kW	7,5 kW	12,5 kW	62,5 %	10,7 kg au total	70 %	4 kWh/kg	1,5h	18,75 kWh (= $M_{bois} \times PCI \times Ratio_{eau} \times \eta$)

Le volume du ballon d'hydro-accumulation est de 800 litres :

$$V = \frac{E_{bois}}{1.16 \cdot \Delta T} = 18.75 / (1.16 \times 20) \approx 800 \text{ litres}$$

Vase d'expansion fermé :

Le dimensionnement du vase d'expansion s'effectue conformément au NF DTU 65.11. Il consiste à déterminer sa pression de gonflage ainsi que sa capacité.

La pression de gonflage du vase doit être supérieure à la pression statique de l'installation de façon à ce que, à froid, l'eau n'entre pas dans le vase et que le volume soit maximal pour absorber la dilatation de l'eau. Elle est exprimée en bar et doit correspondre à la pression statique de l'installation arrondie au 0.5 bar supérieur.

La capacité du vase doit être telle qu'elle puisse recueillir le volume d'expansion de l'installation en considérant le volume du ballon d'hydro-accumulation.

Tableau 2 : Capacité du vase, pour une pression de tarage de soupape de 3 bars, en fonction du volume d'eau d'une installation à basse température (45°C) et de la hauteur statique

CONTENANCE MAXIMALE DE L'INSTALLATION (l)	CAPACITÉ DU VASE D'EXPANSION EN LITRES POUR UNE HAUTEUR STATIQUE JUSQU'À		
	5 m	10 m	15 m
200	15	19	28
300	22	29	43
400	30	39	57
500	37	48	71
600	45	58	85
700	52	68	100
800	60	77	114
900	67	87	128
1 000	75	97	142
1 250	93	121	178
1 500	112	145	213
1 750	131	169	249
2 000	149	193	285

Vase d'expansion ouvert

Le dimensionnement du vase s'effectue conformément au NF DTU 65.11 :

- $V_{\text{utile}} > 20\%$ de la contenance de l'installation ;
- $D_{n1} > 20$ mm intérieur et $15 + \sqrt{P_n}$ avec P_n la puissance du bouilleur ;
- $D_{n2} > 22$ mm intérieur et $15 + 1,4 \sqrt{P_n}$ avec P_n la puissance du bouilleur ;
- $D_{n3} = D_{n1}$;
- $h >$ Hauteur nécessaire à la pression de service (généralement $H > 5$ m).

Circulateurs de chauffage

Le débit du circulateur est calculé pour la puissance du circuit de chauffage et pour la chute de température choisie sur le circuit. Sa hauteur manométrique du circulateur est égale à la somme des pertes du circuit de distribution, des pertes de charge de la production et des pertes de charge de la vanne de régulation à pleine ouverture.

Vanne de régulation du circuit de chauffage

Pour assurer une autorité suffisante, de l'ordre de 0,5, la vanne de régulation doit être choisie avec une perte de charge au moins équivalente à la perte de charge de la production.

Soupape de sécurité de surpression

La soupape de sécurité est dimensionnée pour répondre à la pression totale développée dans l'installation à proximité du générateur. Elle doit s'ouvrir à une pression correspondant à la pression maximale d'utilisation de l'installation et doit pouvoir empêcher tout dépassement de cette pression supérieur à 10 %.

En général les soupapes sont tarées à 3 bar. Attention toutefois à vérifier si cette pression est la pression maximale d'utilisation du bouilleur précisée par le fabricant.

Réseau de chauffage

Pour éviter toute problématique de dissipation de chaleur on recommande de disposer d'au moins 50 % x Pbouilleur de puissance en radiateurs disponible sans robinet thermostatique. Une limite haute de puissance est également conseillée pour éviter des retours d'eau à températures trop froide (voir préconisations du fabricant le cas échéant).

■ COMMENTAIRE

Le bouilleur produit 10,9 kW à l'eau et 4,8 kW à l'air. La puissance cumulée est de 15,7 kW.

Les radiateurs présents possèdent une puissance cumulée de 15 kW à régime d'eau 80/60°C après le volume tampon. La limite basse de puissance à installer sans robinet thermostatique est de 50 % x 10,9 = 5,45 kW. Il convient de laisser au moins 5,45 kW de puissance de radiateur sans robinet thermostatique pour dissiper la chaleur. Ici, les radiateurs conviennent à condition de vérifier que certains d'entre eux soient installés sans robinet thermostatique.

04

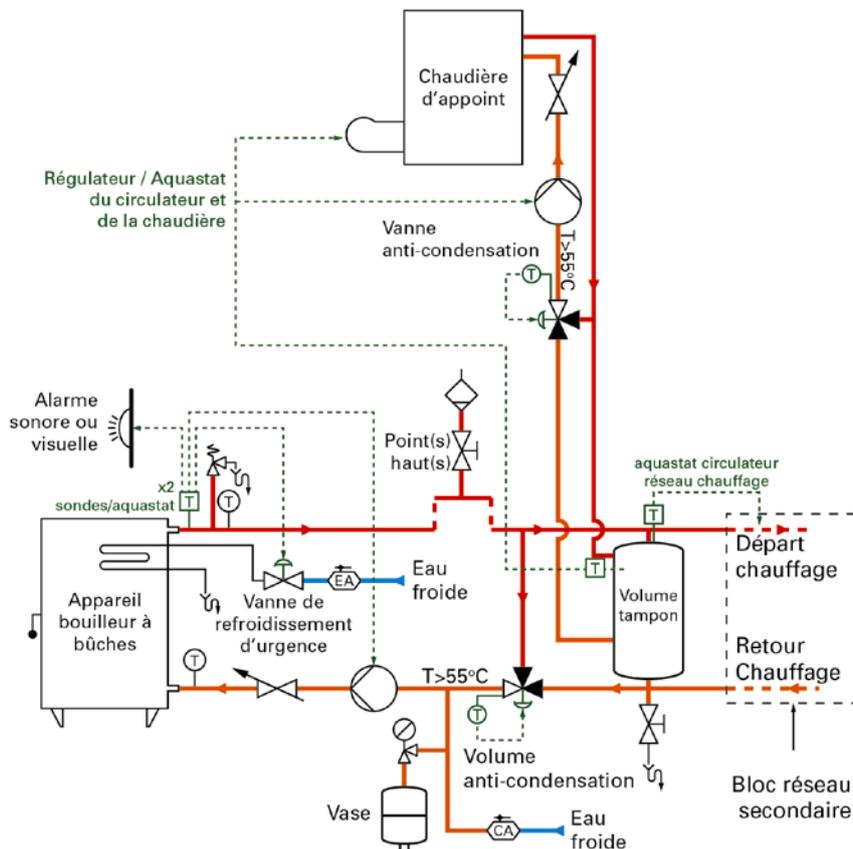
SCHEMA 2 : APPAREILS À BÛCHES À BOUILLEUR AVEC CHAUDIÈRE D'APPOINT POUR UNE PRODUCTION DE CHAUFFAGE UNIQUEMENT

! Les appareils à bouilleur ne sont pas recommandés en habitat neuf.

Les appareils à bouilleur traités dans cette partie sont les cuisinières, les poêles ou les inserts raccordés sur un circuit hydraulique de chauffage.

Ce schéma comporte un appareil bouilleur à bûches qui alimente un circuit de chauffage (radiateurs ou plancher). Il intègre un ballon d'hydro-accumulation. Une relève par chaudière est proposée.

Schéma 4 : Raccordement d'un bouilleur à bûche seul sur un réseau de chauffage à vase fermé avec chaudière en relève



COMMENTAIRE

L'offre actuellement disponible s'oriente vers des appareils à bûches à raccorder sur des réseaux d'eau fermés. Il existe une gamme spécifique, historique et plus ancienne, permettant un raccordement sur un circuit ouvert sur l'atmosphère. Cette gamme concerne essentiellement les cuisinières (fourneaux à bûche) à large passage d'eau et pouvant parfois fonctionner en thermosiphon. Ce type de matériel n'est pas étudié ici.

Schéma 5 : Circuits de distribution : sur radiateurs : le réseau n°1 alimente un réseau de radiateurs

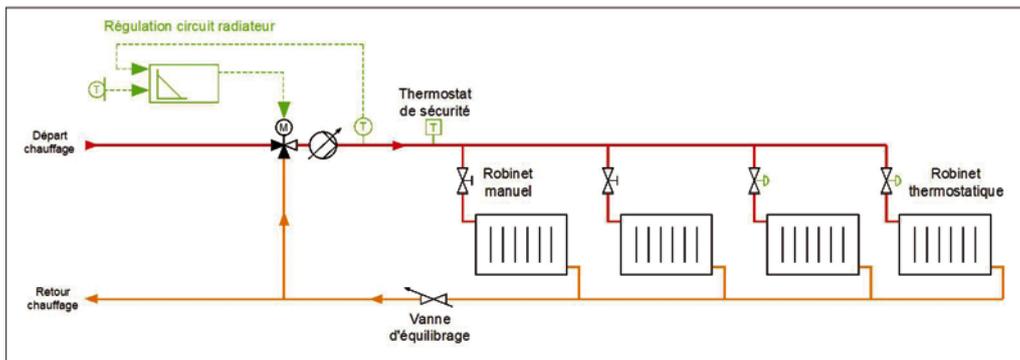
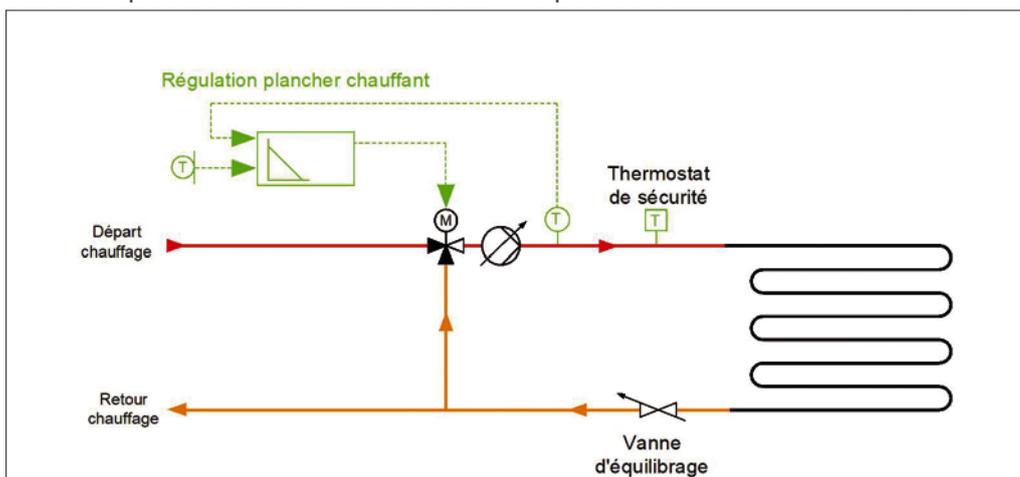


Schéma 6 : Circuits de distribution : sur plancher chauffant : le réseau n°2 alimente un réseau de plancher chauffant



< AVEZ-VOUS CHOISI LE BON SCHÉMA ?

- L'installation est prévue dans le cadre d'une rénovation.
- L'installation assure uniquement la production de chauffage.
- Le bouilleur n'est pas suffisant en puissance pour réaliser le chauffage (cas de rénovation usuellement) ou, par confort, lorsque le bouilleur à bûches ne peut pas fonctionner (absence de combustible, absence des occupants...).
- L'installation du bouilleur et du ballon d'hydro-accumulation est envisageable (implantation des tuyauteries pour raccorder le bouilleur à l'installation de chauffage pour raccorder l'échangeur de sécurité du bouilleur, pour évacuer aux égouts les rejets de la soupape de sécurité et de l'échangeur à eau perdue).

< LES SPÉCIFICITÉS À RESPECTER

- Les appareils équipés de bouilleurs sont conçus conformément à leur norme respective (par exemple, la NF EN 13229 pour les inserts) pour disposer du marquage CE.

- Les bouilleurs à un fonctionnant sur vase ouvert (à pression hydraulique inférieure à 2 bar) sont conçus selon la NF EN 12809.
- Le raccordement hydraulique de ces appareils est conforme aux prescriptions de la NF DTU 65.11.
- Installation d'un ballon d'hydro-accumulation.
- Si aucun ballon d'hydro-accumulation n'est installé, pour éviter toute problématique de dissipation de chaleur, on recommande de disposer d'au moins 50 % x Pbouilleur de puissance en radiateurs disponible sans robinet thermostatique.
- La puissance de rayonnement de l'appareil ne doit pas être trop élevée pour un meilleur fonctionnement et devrait être au plus égale aux déperditions totales de la pièce où est installé l'appareil.
- Mettre en place une vanne anti retour froid (anti condensation) si la chaudière n'accepte pas des retours à température inférieure à 50°C.
- Prendre en compte pour le dimensionnement le fait que le volume utile du ballon d'hydro-accumulation est réduit. Il est réellement utilisé pour le bouilleur entre le bas de ballon du volume tampon et la position choisie de la sonde d'enclenchement de la chaudière.
- Le ballon utilisé devra être le plus allongé possible (rapport de 3/1).

Les types d'appareils bouilleur à privilégier :

- ce schéma convient pour tout type d'appareil bouilleur à bûches.

< PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ET DE LA RÉGULATION

La régulation d'un appareil bouilleur à bûches est un point primordial de sécurité comme de confort. En raison des risques de condensation des fumées et la variation continue de puissance de combustion, une régulation du débit d'eau transitant dans l'appareil est indispensable. Le régulateur usuel comprend les trois actions suivantes :

- actionnement du circulateur du bouilleur uniquement à partir d'un dépassement de température d'eau dans le bouilleur ($T^{\circ} > 50$ à 60°C). Idéalement une sonde est placée dans un doigt de gant prévu à cet effet.
- actionnement d'une vanne de mélange pour permettre un retour au bouilleur à température supérieure à 55°C .
- actionnement en cas de surchauffe (température d'eau supérieure à 95°C) de la vanne permettant l'arrivée d'eau froide dans un échangeur de sécurité. Cette action comprend l'activation d'une alarme pour informer l'utilisateur (conformément au NF DTU 65.11).

Le régulateur peut être centralisé ou réalisé par des thermostats ou des actionneurs thermostatiques. L'actionnement de la sécurité de surchauffe est réalisé de préférence par un moyen thermostatique. Dans le cas d'une sécurité électrique, l'électrovanne doit être normalement ouverte mais risque de provoquer des déclenchements intempestifs d'alarme en cas de coupure de courant.

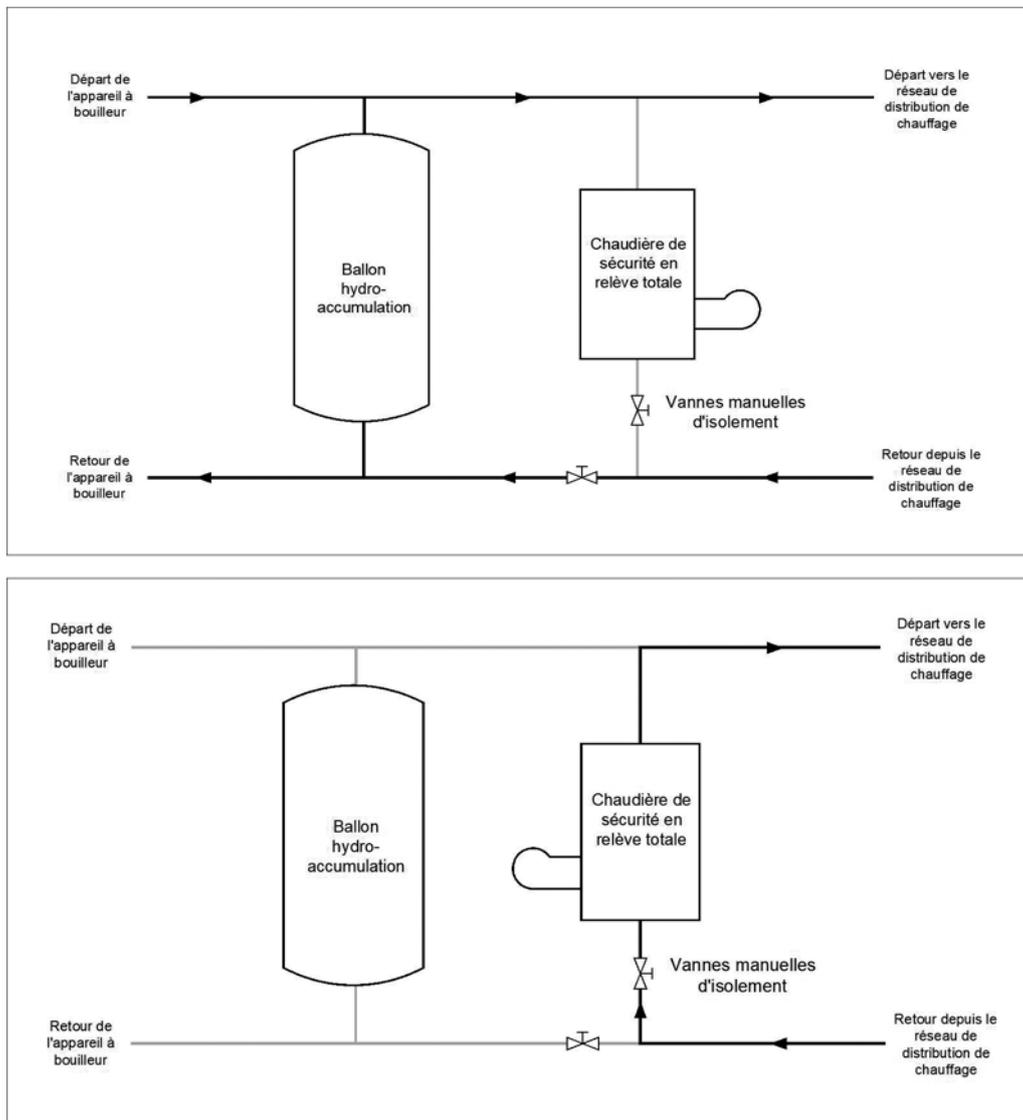
Le régime d'eau du bouilleur peut être considéré avec une différence de température de l'ordre de 15K à 20K (soit un départ à 80°C pour un retour de 65°C à 60°C). Se référer à la notice fabricant.

Le ballon d'hydro-accumulation se place en dérivation entre l'appareil à bûches et le circuit de chauffage.

La relève par la chaudière peut être simultanée ou totalement alternée (en sécurité et enclenchée manuellement).

< RELÈVE ALTERNÉE : CAS D'UNE CHAUDIÈRE ENCLENCHÉE MANUELLEMENT

Schéma 7-8 : Utilisation d'une chaudière (souvent existante) en relève totale et manuelle d'un bouilleur à bûches — fonctionnement avec l'appareil bouilleur uniquement (au dessus) ou avec la chaudière uniquement (en dessous)

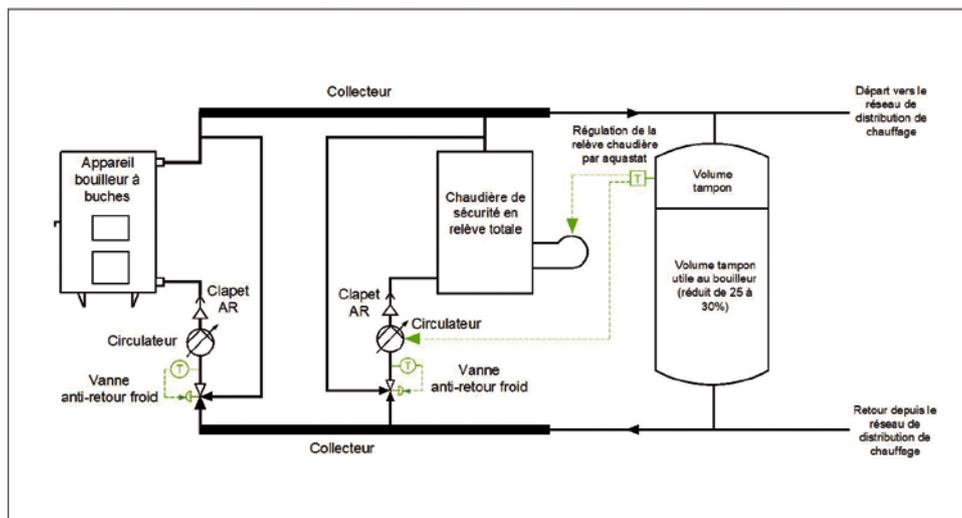


Dans le cas d'une relève totalement alternée, la solution à privilégier est la solution par deux vannes d'isolement manuelles (ou par une seule vanne à trois voies) avec l'isolement du volume tampon lorsque le bouilleur ne fonctionne plus. Le circulateur du réseau secondaire de chauffage assure alors l'irrigation de la chaudière lorsque le bouilleur ne fonctionne plus.

< RELÈVE ALTERNÉE : CAS D'UNE CHAUDIÈRE RÉGULÉE AUTOMATIQUÉMENT EN RELÈVE

Réaliser une relève efficace et régulée implique la mise en place d'un régulateur dédié, de vannes pilotées et de clapets anti-retour. De plus, il faut s'assurer que les débits d'eau soient adéquats entre générateurs (découplage hydraulique éventuel) et empêcher la mise en sécurité de la chaudière lorsque le bouilleur monte ponctuellement à température d'eau supérieure à 90°C pour éviter le déclenchement de l'aquastat de sécurité de la chaudière.

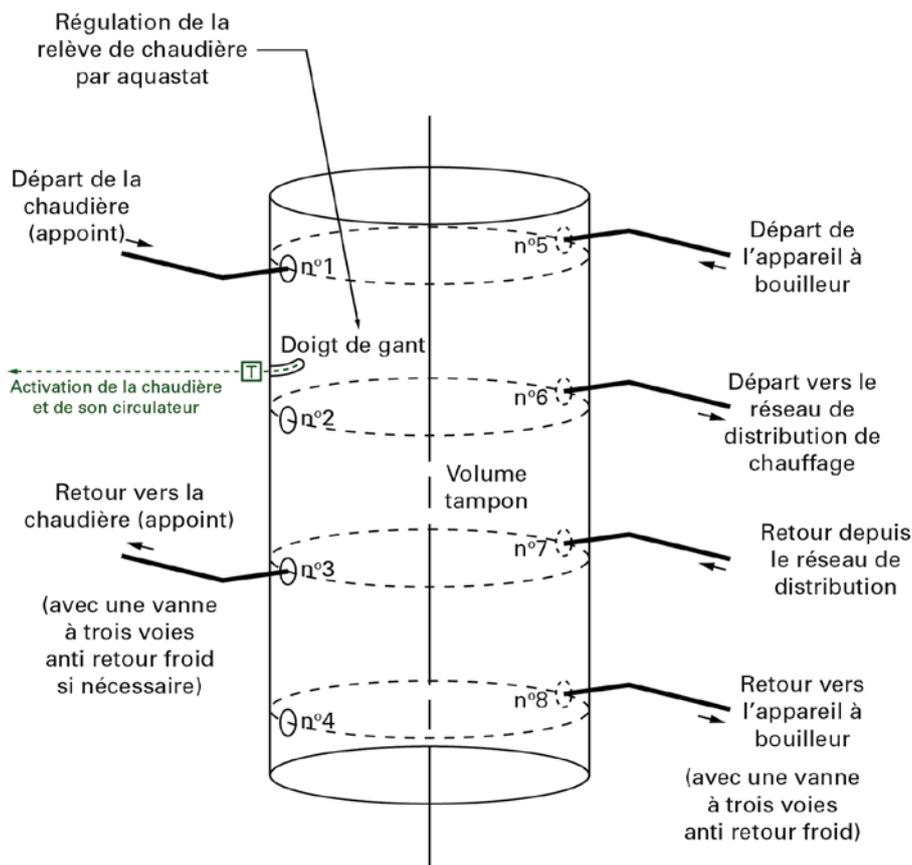
Schéma 9 : Exemple d'utilisation d'une chaudière en relèvement automatique avec clapets anti-retours et collecteurs



Un aquastat pilote la mise en marche de la chaudière dès que le haut de ballon n'est plus maintenu en température. La sonde de température d'eau est idéalement placée dans un doigt de gant placé en dessous du piquage d'arrivée du primaire dans le ballon. Le volume tampon utile est réduit d'environ 25 % car la partie supérieure sert à la régulation de l'activation de la chaudière et de son circulateur dédié.

Pour s'abstenir de la mise en place de clapet anti-retour, il est également possible de se servir du ballon d'hydro-accumulation comme élément de découplage hydraulique.

Schéma 10 : Exemple d'utilisation d'une chaudière en relèvement automatique sans clapets anti-retours sur un ballon d'hydro-accumulation



Une régulation en fonction de la température extérieure (régulation climatique) peut être mise en œuvre. Elle agit sur la vanne à trois voies au départ du circuit de chauffage et règle la température d'eau alimentant le circuit de chauffage en fonction de la température extérieure.

Il est fortement conseillé de placer une loi d'eau pour éviter des surchauffes en particulier dans une maison bien isolée ou ayant fait l'objet de travaux d'isolation ou de rénovation de l'enveloppe. Un réseau en monotube est également envisageable.

Le circulateur du réseau de distribution doit être au moins activé par un aquastat placé dans le ballon d'hydro-accumulation (en partie haute) ou être activé en permanence ou un moyen équivalent pour assurer la dissipation de chaleur dans les émetteurs de chaleur.

Pour des planchers chauffants, un circulateur à vitesse variable est installé pour limiter les consommations électriques et les bruits. Un régulateur avec une sonde extérieure permet d'adapter la température de départ d'eau chaude en fonction de la rigueur du climat. Un thermostat de sécurité 55° évite les surchauffes. Cet usage est réservé aux installations dont la puissance du plancher est équivalente à la puissance du bouilleur et dont le départ depuis le ballon est effectué sur un piquage placé à hauteur intermédiaire.

Pour des circuits de radiateurs, un régulateur avec une sonde extérieure permet d'adapter la température de départ d'eau chaude en fonction de la rigueur du climat. Un circulateur à vitesse variable est installé pour limiter les consommations électriques et les bruits.

Pour des circuits de radiateurs, sans hydro-accumulation, des robinets manuels sont préservés sur les radiateurs (radiateurs de la salle d'eau par exemple) pour pouvoir dissiper un minimum d'énergie. L'installation de robinets thermostatiques est imposée sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

< ACCESSOIRES HYDRAULIQUES OBLIGATOIRES OU CONSEILLÉS

Refroidissement d'urgence

Conformément à la norme NF DTU 65.11 P1-1, le bouilleur doit disposer d'un dispositif de refroidissement actionné par un aquastat limiteur de sécurité taré à environ 95°C (positionné en sortie du circuit d'eau chaude) afin d'empêcher une élévation de température supérieure à 105°C. Le limiteur de température de sécurité (aquastat) doit être conforme à la norme NF EN 60730-2-9. Ce dispositif de sécurité se traduit dans son ensemble soit par :

- un échangeur intégré à l'appareil équipé d'un bouilleur (indépendant du réseau d'eau de chauffage). Il est relié sur le réseau d'eau public et disposant une vanne thermostatique normalement fermée et actionnée par limiteur de température de sécurité (95°C) ;
- une double vanne thermostatique normalement fermée et actionnée par le limiteur de température de sécurité (95°C). Elle est reliée en entrée et en sortie du bouilleur. Ce dispositif nécessite un clapet anti retour pour éviter que l'eau froide ne se dirige vers le circuit de chauffage.

Le dispositif doit actionner un appareil d'alarme lumineux ou sonore en cas de détection de surchauffe permettant d'informer l'utilisateur d'un dysfonctionnement.

Vanne mélangeuse anti-retour froid

Pour éviter la condensation humide et acide dans l'appareil bouilleur, la température de retour d'eau doit être supérieure au point de rosée des fumées bois.

Il est impératif d'assurer des retours chauds à l'appareil (supérieurs à 60°C) en installant une vanne à trois voies thermostatique (régule le débit d'eau de recyclage de façon à assurer des retours supérieurs à 60°C) ou électromécanique (une sonde de température sur le retour bouilleur pilote le moteur de la vanne à trois voies). La voie commune de la vanne trois voies est installée à l'aspiration du circulateur. Le dispositif anti-retour froid peut être directement intégré dans l'appareil (bipasse ou vanne de mélange) avec un circulateur intégré. Il convient de se référer aux prescriptions du fabricant et à sa condition de garantie.

Soupape de sécurité

La soupape de sécurité de surpression est obligatoire pour ce type d'installation en réseau d'eau fermé. Si l'appareil à bouilleur n'est pas équipé d'usine d'une soupape de sécurité, cet élément doit être installé. La soupape est conforme à la norme NF P 52-001.

! Le montage de la soupape est fait à un endroit accessible. Son raccordement s'effectue à proximité immédiate sur le départ de l'appareil. Aucun dispositif d'isolement n'est prévu entre la soupape et l'appareil muni d'un bouilleur.

Vase d'expansion

Il doit être installé un vase d'expansion, ouvert ou fermé. Un vase d'expansion fermé à pression variable doit être mis en œuvre pour assurer une protection contre les variations de pression dans le circuit hydraulique dues à la montée en température du système. Il doit être positionné de préférence en amont de l'appareil bouilleur et en amont du circulateur.

COMMENTAIRE

Certains appareils équipés d'un bouilleur ne sont pas prévus pour être installés sur un réseau fermé en raison des pressions plus élevées de fonctionnement. Il est donc important que l'installateur choisisse judicieusement l'appareil avant toute installation. Ce point est absolument fondamental en raison des risques encourus par l'utilisation d'installations sous pression à eau chaude dans des lieux de séjours. Les appareils conçus selon la norme NF EN 14785 sont prévus pour fonctionner en circuit ouvert ou fermé à condition que les exigences qui y sont spécifiées soient respectées.

Les appareils fonctionnant sur vase ouvert ne dépassent en général pas des pressions d'eau de 2 bars conformément à la norme NF EN 12809 de fabrication. Le vase ouvert présente des inconvénients importants. Il demande la mise en place de celui-ci sur le point haut de l'installation (usuellement dans les combles). Une protection contre le gel doit être prévue. De plus la communication avec l'atmosphère entraîne un phénomène d'oxydation dans le réseau d'eau qui produit des boues obturant et détériorant les réseaux métalliques à moyen et long terme.

Disconnecteur sur le réseau d'alimentation en eau

L'installation de chauffage doit être équipée de dispositifs capables de remplir l'installation et d'ajuster le niveau d'eau. La réglementation impose d'installer

un disconnecteur de type CA ou BA sur une installation de puissance inférieure à 70 kW raccordée au réseau d'eau potable, selon le fluide caloporteur utilisé. Un ensemble de protection EA, composé d'un clapet de non-retour anti-pollution contrôlable associé à une vanne placée en amont, doit être prévu en complément à une distance inférieure à 3 m du point de piquage.

Circulateur

Il permet la circulation de l'eau dans la boucle primaire de l'appareil à bouilleur. Le fonctionnement du circulateur est asservi à la température d'eau en sortie du bouilleur, permettant une montée plus rapide en température de ce dernier. Il est commandé par le régulateur/comparateur de l'aquastat du circuit primaire alimentant le bouilleur afin de fournir une température suffisante en sortie d'appareil (exemple : 80°C). Le circulateur doit être placé sur le retour de l'installation, où la température est moins chaude, et doit pouvoir résister aux températures de fonctionnement ainsi qu'aux pressions de l'installation.

Purgeur d'air

L'installation doit comporter un purgeur situé au point haut du réseau. Il est également conseillé d'équiper le volume tampon. Le purgeur automatique doit être associé à une vanne d'isolement.

Robinet de vidange

Le circuit hydraulique équipé d'un bouilleur dispose d'un robinet de vidange installé au point bas de l'installation

Pot de décantation et filtre à tamis

L'installation d'un pot de décantation et d'un filtre à tamis est fortement conseillée en amont de l'appareil bois, sur la canalisation de retour du réseau de chauffage, pour la protéger de l'embouage et préserver un échange thermique optimal.

Le filtre à tamis doit être d'un diamètre au moins égal au diamètre du circuit. L'installation d'un robinet de vidange est conseillée en bas du volume tampon pour permettre d'évacuer les dépôts.

Vanne d'équilibrage

Une vanne d'équilibrage placée en série avec le circulateur, généralement sur le retour du circuit de chauffage, permet d'ajuster le point de fonctionnement du circulateur à vitesse constante afin que le débit soit conforme à celui spécifié par le fabricant de l'appareil bois. Un modèle à mesure de débit est conseillé.

Dans le cas d'un réseau de planchers chauffants, des vannes d'équilibrage doivent être installées sur chaque boucle (au niveau du distributeur ou du collecteur).

Sonde de température

Pour permettre une montée en température plus rapide du bouilleur et éviter l'apparition de condensation, le circulateur est asservi pour fonctionner à partir d'une température comprise entre 50 à 60°C. La sonde est positionnée en sortie du circuit du bouilleur dans un doigt de gant (ou au contact de la tuyauterie).

Manomètre placé sur le circulateur (non représenté sur les schémas)

Le manomètre implanté sur le circulateur doit être associé à deux vannes d'isolement. Il permet de mesurer la hauteur manométrique du circulateur et d'évaluer le débit à partir de la courbe caractéristique du circulateur.

Thermomètres

Le circuit hydraulique équipé d'un bouilleur dispose de deux thermomètres en entrée et en sortie de l'appareil.

Thermostat de sécurité sur le départ du plancher chauffant

La mise en place d'un thermostat de sécurité sur le départ des planchers chauffants est obligatoire. Il doit être à réarmement manuel, indépendant de la régulation et fonctionnant mécaniquement, sans alimentation électrique. Il doit couper la fourniture de chaleur pour que la température dans le plancher chauffant ne dépasse pas 55°C.

En cas de dépassement de température, il doit mettre à l'arrêt l'appareil bois et l'appoint électrique ainsi que le circulateur.

Robinets thermostatiques

Ils équipent les radiateurs. On rappelle qu'ils sont obligatoires sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

La soupape de pression différentielle représentée permet d'éviter le fonctionnement du circulateur à un point trop élevé sur sa caractéristique et les nuisances sonores induites lorsque les robinets thermostatiques se ferment. Dans ce cas, elle s'ouvre sous l'effet de l'augmentation de pression différentielle. Elle doit être réglée à la hauteur manométrique du point de fonctionnement nominal du circulateur.

La soupape de pression différentielle peut être remplacée par un circulateur à vitesse variable car la présence du volume tampon à quatre piquages assure le découplage hydraulique avec le circuit primaire.

< CONSEILS DE DIMENSIONNEMENT DES PRINCIPAUX ÉQUIPEMENTS HYDRAULIQUES

Ballon d'hydro-accumulation

! La capacité du ballon d'hydro-accumulation peut être recommandée par le fabricant. Un ratio compris entre 40 et 60 litres par kW de puissance sur l'eau du bouilleur est généralement préconisé. Dans le cas d'une relève automatique, le volume utile est réduit d'environ 25 % car la partie supérieure sert à la régulation de l'activation de la chaudière et de son circulateur dédié.

Dans le cas d'un bouilleur à bûche, le dimensionnement de la puissance à installer est souvent limité par la puissance fournie sur l'air de la pièce dans laquelle l'appareil est installé. Pour que l'appareil à bûches fonctionne toujours à sa puissance nominale, même quand la demande est très faible, le volume du ballon doit être capable d'absorber une charge complète de l'appareil à bûches. Le ratio de la hauteur sur le diamètre du ballon doit être compris entre 1,5 et 3 pour une meilleure utilisation de la stratification.

Le volume du ballon d'hydro-accumulation se détermine conformément à la formule suivante :

$$V = \frac{E_{\text{bois}}}{1.16. \Delta T}$$

- V : volume du ballon (m³) ;
- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- ΔT : différence de température entre le point le plus haut du ballon et le point le plus bas du ballon (K).

Détermination de la différence de température (ΔT)

La température de départ du bouilleur peut être considérée égale à 85°C. La différence de température ΔT est de :

- 20 K si on alimente un réseau de radiateurs haute température ;
- 45 K si on alimente un réseau de radiateurs basse température.

Pour limiter le volume du ballon d'hydro-accumulation, la capacité en eau de l'installation peut être retranchée au volume calculé. Les émetteurs régulés par des robinets thermostatiques ne doivent pas être considérés comme faisant partie du volume d'hydro-accumulation de l'installation.

Détermination de l'énergie libérée par une charge de bois (E_{bois})

Tous les constructeurs ne donnent pas directement l'énergie libérée par une charge de bois. On peut trouver : sa masse, sa durée de combustion, la capacité volumique de la chaudière.

- si le constructeur donne la masse d'une charge de bois M_{bois} :

$$E_{\text{bois}} = \eta \times M_{\text{bois}} \times \text{PCI} \times \text{ratio}_{\text{eau}}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge (kWh) ;
 - M_{bois} : masse d'une charge de bois (kg) ;
 - PCI : pouvoir calorifique inférieur estimé à 4 kWh/kg à 20 % d'humidité ;
 - η : rendement de l'appareil à bûches ;
 - $\text{ratio}_{\text{eau}}$: rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1)
- si le constructeur ne donne que la capacité de chargement de la chaudière V_{bois} :

$$E_{\text{bois}} = \text{PCI} \times \eta \times V_{\text{bois}} \times \text{ratio}_{\text{eau}}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
 - PCI : pouvoir calorifique inférieur estimé à 1600 kWh/m³ ;
 - V_{bois} : volume du magasin (m³) ;
 - $\text{ratio}_{\text{eau}}$: rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1)
- si le constructeur donne la durée de combustion d'une charge H_c :

$$E_{\text{bois}} = H_c \times P_{\text{nom}} \times \text{ratio}_{\text{eau}}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- H_c : durée de combustion d'une charge de bois à puissance nominale (h) ;
- P_{nom} : puissance nominale de l'appareil (kW) ;
- $\text{ratio}_{\text{eau}}$: rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1).

COMMENTAIRE

La valeur de H_c de combustion est définie selon le type de matériel. Il faut vérifier en fonction de la typologie d'appareil la durée de combustion moyenne d'une charge nominale. Sur les inserts à bûches, H_c fluctue entre 0,75 et 1,0 h (respectivement pour des appareils à « combustion continue » et à « combustion intermittente »). Sur les poêles à bûches, H_c fluctue entre 0,75 et 1,5 h (respectivement pour des appareils à « combustion continue » et à « combustion intermittente »).

Tableau 3 : Valeurs indicatives d'un bouilleur à bûche à « combustion continue »

PUISSANCE TOTALE P _{totale}	P _{air}	P _{eau}	RATIO _{eau}	M _{bois} (1 charge nominale)	η	PCI	H _c	E _{bois}
20 kW	7,5 kW	12,5 kW	62,5 %	10,7 kg au total	70 %	4 kWh/kg	1,5h	18,75 kWh (=M _{bois} x PCI x Ratio _{eau} x η)

Le volume du ballon d'hydro-accumulation est de 800 litres :

$$V = \frac{E_{bois}}{1.16 \cdot \Delta T} = 18.75 / (1.16 \times 20) \approx 800 \text{ litres}$$

Dans le cas d'une relève automatique, le volume utile est réduit d'environ 25 % car la partie supérieure sert à la régulation de l'activation de la chaudière et de son circulateur dédié.

Vase d'expansion fermé :

Le dimensionnement du vase d'expansion s'effectue conformément au NF DTU 65.11. Il consiste à déterminer sa pression de gonflage ainsi que sa capacité.

La pression de gonflage du vase doit être supérieure à la pression statique de l'installation de façon à ce que, à froid, l'eau n'entre pas dans le vase et que le volume soit maximal pour absorber la dilatation de l'eau. Elle est exprimée en bar et doit correspondre à la pression statique de l'installation arrondie au 0.5 bar supérieur.

La capacité du vase doit être telle qu'elle puisse recueillir le volume d'expansion de l'installation en considérant le volume du ballon d'hydro-accumulation.

Tableau 4 : Capacité du vase, pour une pression de tarage de soupape de 3 bars, en fonction du volume d'eau d'une installation à basse température (45°C) et de la hauteur statique

CONTENANCE MAXIMALE DE L'INSTALLATION (l)	CAPACITÉ DE VASE D'EXPANSION EN LITRES POUR UNE HAUTEUR STATIQUE JUSQU'À		
	5 m	10 m	15 m
200	15	19	28
300	22	29	43
400	30	39	57
500	37	48	71
600	45	58	85
700	52	68	100
800	60	77	114
900	67	87	128
1 000	75	97	142
1 250	93	121	178
1 500	112	145	213
1 750	131	169	249
2 000	149	193	285

Vase d'expansion ouvert

Le dimensionnement du vase s'effectue conformément au NF DTU 65.11 :

- Vutile > 20 % de la contenance de l'installation ;
- Dn1 > 20 mm intérieur et 15 + √Pn avec Pn la puissance du bouilleur ;
- Dn2 > 22 mm intérieur et 15 + 1,4 √Pn avec Pn la puissance du bouilleur ;
- Dn3 = Dn1 ;
- h > Hauteur nécessaire à la pression de service (généralement H > 5 m).

Circulateurs de chauffage

Le débit du circulateur est calculé pour la puissance du circuit de chauffage et pour la chute de température choisie sur le circuit. Sa hauteur manométrique du circulateur est égale à la somme des pertes du circuit de distribution, des pertes de charge de la production et des pertes de charge de la vanne de régulation à pleine ouverture.

Vanne de régulation du circuit de chauffage

Pour assurer une autorité suffisante, de l'ordre de 0,5, la vanne de régulation doit être choisie avec une perte de charge au moins équivalente à la perte de charge de la production.

Réseau de chauffage

Sans ballon d'hydro-accumulation et pour éviter toute problématique de dissipation de chaleur, on recommande de disposer d'au moins 50 % x Pbouilleur de puissance en radiateurs disponible sans robinet thermostatique. Une limite haute de puissance est également conseillée pour éviter des retours d'eau à températures trop froide (voir préconisations du fabricant le cas échéant).

■ COMMENTAIRE

Le bouilleur produit 10,9 kW à l'eau et 4,8 kW à l'air. La puissance cumulée est de 15,7 kW.

Les radiateurs présents possèdent une puissance cumulée de 15 kW à régime d'eau 80/60°C après le volume tampon. La limite basse de puissance à installer sans robinet thermostatique est de 50 % x 10,9 = 5,45 kW. Il convient de laisser au moins 5,45 kW de puissance de radiateur sans robinet thermostatique pour dissiper la chaleur. Ici, les radiateurs conviennent à condition de vérifier que certains d'entre eux soient installés sans robinet thermostatique.

05

SCHEMA 3 : APPAREILS À BÛCHES À BOUILLEUR POUR UNE PRODUCTION DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE

! Les appareils à bouilleur ne sont pas recommandés en habitat neuf.

Les appareils à bouilleur traités dans cette partie sont les cuisinières, les poêles ou les inserts raccordés sur un circuit hydraulique de chauffage. Ce schéma comporte un appareil bouilleur à bûches qui alimente un circuit de chauffage (radiateurs ou plancher) et un système de production d'ECS. Il intègre un ballon d'hydro-accumulation.

Schéma 11 : Raccordement d'un bouilleur à bûche sur un réseau de chauffage à vase fermé avec production d'ECS

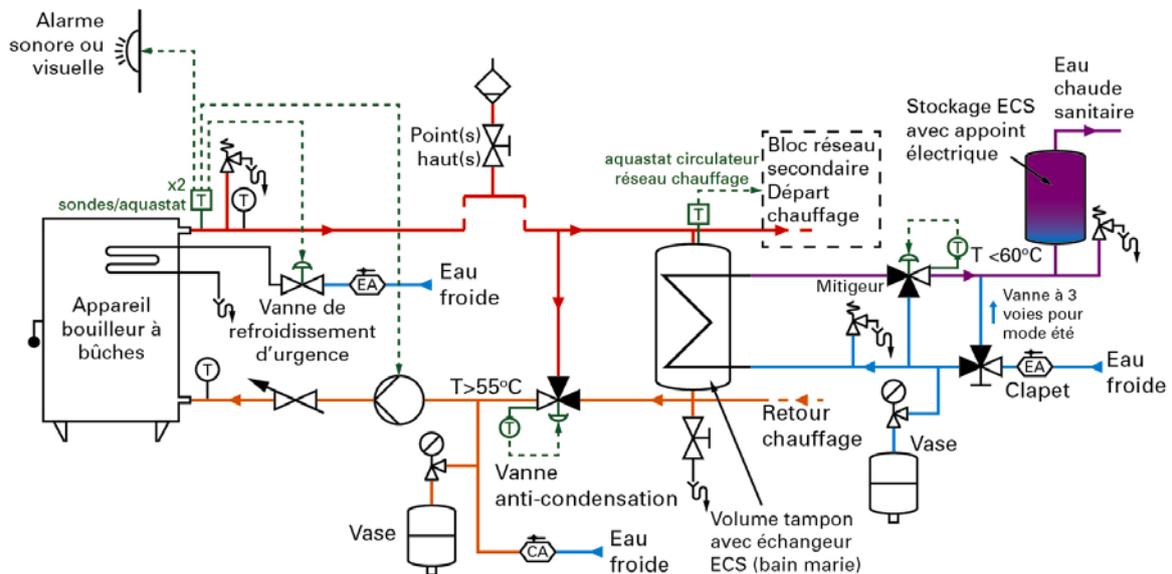


Schéma 12 : Circuits de distribution : sur radiateurs : le réseau n°1 alimente un réseau de radiateurs

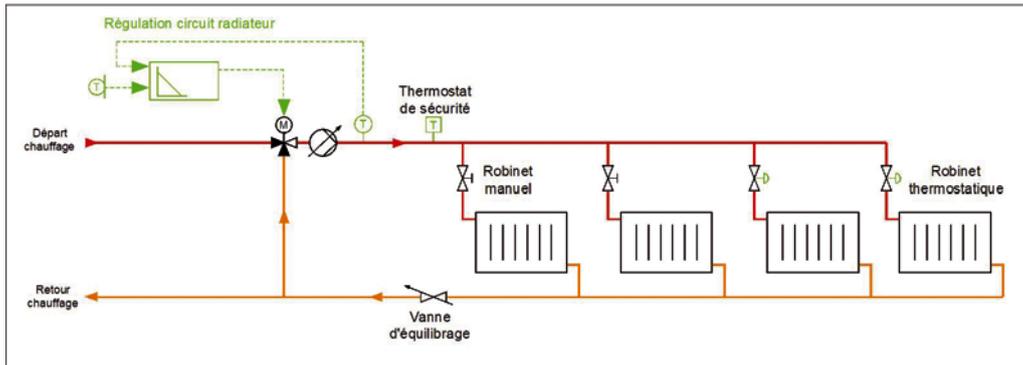
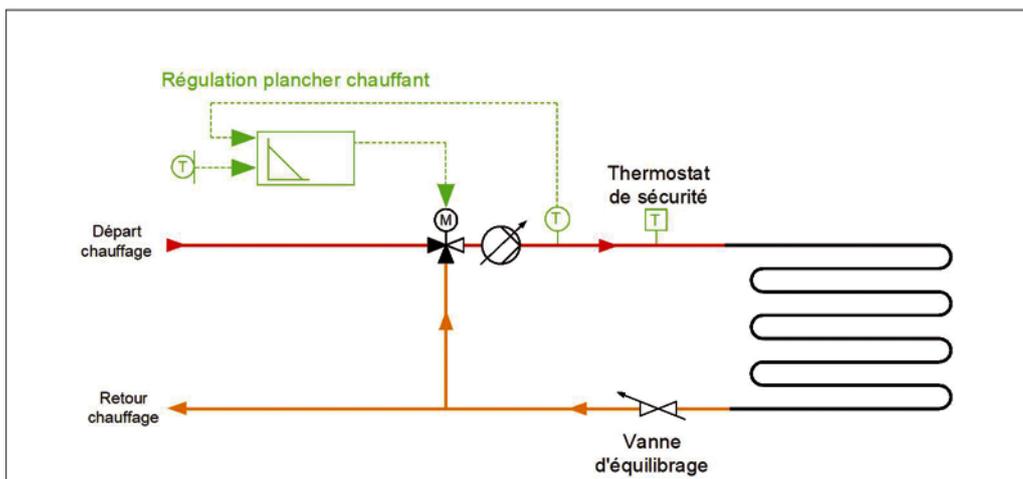


Schéma 13 : Circuits de distribution : sur plancher chauffant : le réseau n°2 alimente un réseau de plancher chauffant



! Il est déconseillé d'assurer la production d'eau chaude sanitaire sans hydro-accumulation. Elle est réalisée dans ce cas indépendamment (par une autre chaudière si biénergie, par un préparateur électrique).

< AVEZ-VOUS CHOISI LE BON SCHÉMA ?

- L'installation assure la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire.
- Le bouilleur suffit à chauffer la maison (sans provoquer de surchauffe dans la pièce d'installation) ou il existe un système de chauffage complémentaire.
- L'installation du bouilleur et du ballon d'hydro-accumulation est envisageable (implantation des tuyauteries pour raccorder le bouilleur à l'installation de chauffage pour raccorder l'échangeur de sécurité du bouilleur, pour évacuer aux égouts les rejets de la soupape de sécurité et de l'échangeur à eau perdue).

< LES SPÉCIFICITÉS À RESPECTER

- Les appareils équipés de bouilleurs sont conçus conformément à leur norme respective (par exemple, la NF EN 13229 pour les inserts) pour disposer du marquage CE.
- Les bouilleurs à un fonctionnant sur vase ouvert (à pression hydraulique inférieure à 2 bar) sont conçus selon la NF EN 12809.
- Le raccordement hydraulique de ces appareils est conforme aux prescriptions de la NF DTU 65.11.

- Installation d'un ballon d'hydro-accumulation.
- Si aucun ballon d'hydro-accumulation n'est installé, pour éviter toute problématique de dissipation de chaleur, on recommande de disposer d'au moins 50 % x Pbouilleur de puissance en radiateurs disponible sans robinet thermostatique.
- La puissance de rayonnement de l'appareil ne doit pas être trop élevée pour un meilleur fonctionnement et devrait être au plus égale aux déperditions totales de la pièce où est installé l'appareil.

Les types d'appareils bouilleur à privilégier :

- ce schéma convient pour tout type d'appareil bouilleur à bûches.

< PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ET DE LA RÉGULATION

La régulation d'un appareil bouilleur à bûches est un point primordial de sécurité comme de confort. En raison des risques de condensation des fumées et la variation continue de puissance de combustion, une régulation du débit d'eau transitant dans l'appareil est indispensable. Le régulateur usuel comprend les trois actions suivantes :

- actionnement du circulateur du bouilleur uniquement à partir d'un dépassement de température d'eau dans le bouilleur ($T^{\circ} > 50$ à 60°C). Idéalement une sonde est placée dans un doigt de gant prévu à cet effet ;
- actionnement d'une vanne de mélange pour permettre un retour au bouilleur à température supérieure à 55°C ;
- actionnement en cas de surchauffe (température d'eau supérieure à 95°C) de la vanne permettant l'arrivée d'eau froide dans un échangeur de sécurité. Cette action comprend l'activation d'une alarme pour informer l'utilisateur (conformément au NF DTU 65.11).

Le régulateur peut être centralisé ou réalisé par des thermostats ou des actionneurs thermostatiques. L'actionnement de la sécurité de surchauffe est réalisé de préférence par un moyen thermostatique. Dans le cas d'une sécurité électrique, l'électrovanne doit être normalement ouverte mais risque de provoquer des déclenchements intempestifs d'alarme en cas de coupure de courant.

Le régime d'eau du bouilleur peut être considéré avec une différence de température de l'ordre de 15K à 20K (soit un départ à 80°C pour un retour de 65°C à 60°C). Se référer à la notice fabricant.

Le ballon d'hydro-accumulation se place en dérivation entre l'appareil à bûches et le circuit de chauffage. Le ballon d'hydro-accumulation peut être à 2 ou 4 piquages.

Dans une configuration à 4 piquages, le ballon d'hydro-accumulation est raccordé au réseau primaire de production en vis-à-vis du réseau secondaire de distribution. Cette solution implique de toujours traverser le ballon d'hydro-accumulation pour alimenter les émetteurs. Le ballon assure le stockage des boues en point bas (pots à boues).

Dans une configuration à 2 piquages, la chaleur produite par l'appareil est directement utilisée et transmise au réseau secondaire. Pour limiter au maximum l'interaction entre les deux réseaux et assurer le découplage hydraulique, il convient de limiter la distance de piquage du té vers le ballon et d'augmenter le diamètre de la canalisation en ce point.

La production d'eau chaude sanitaire peut être réalisée :

- par bain marie dans le ballon d'hydro-accumulation pour le préchauffage de l'eau chaude sanitaire. Dans ce cas la pose d'un mitigeur thermostatique est indispensable. Dans le cas de plusieurs ballons en série, placer le préparateur dans le premier ballon ;
- par un préparateur (instantané) avec un échangeur à plaques raccordé au départ du ballon d'hydro-accumulation sur deux piquages dédiés ;

- par chaudière à préparation instantanée raccordée en série avec le pré-chauffage réalisé par le bouilleur. Cette solution implique une vérification de la compatibilité par rapport aux sécurités de la chaudière (aquastat et débistat ECS) ;
- par un départ dédié en sortie du ballon d'hydro-accumulation avec un circulateur ECS permettant la charge d'un ballon au départ d'un collecteur.

Le couplage avec une chaudière est réalisable par mise en place de celle-ci sur deux piquages du volume tampon et un aquastat placé dans le ballon.

Une régulation en fonction de la température extérieure (régulation climatique) est mise en œuvre. Elle agit sur la vanne à trois voies au départ du circuit du circuit de chauffage et règle la température d'eau alimentant le circuit de chauffage en fonction de la température extérieure.

Le circulateur du réseau de distribution doit être au moins activé par un aquastat placé dans le ballon d'hydro-accumulation (en partie haute) ou être activé en permanence ou un moyen équivalent pour assurer la dissipation de chaleur dans les émetteurs de chaleur

Pour des planchers chauffants, un circulateur à vitesse variable est installé pour limiter les consommations électriques et les bruits. Un régulateur avec une sonde extérieure permet d'adapter la température de départ d'eau chaude en fonction de la rigueur du climat. Un thermostat de sécurité 55° évite les surchauffes. Cet usage est réservé aux installations dont la puissance du plancher est équivalente à la puissance du bouilleur et dont le départ depuis le ballon est effectué sur un piquage placé à hauteur intermédiaire.

Pour des circuits de radiateurs, un régulateur avec une sonde extérieure permet d'adapter la température de départ d'eau chaude en fonction de la rigueur du climat. Un circulateur à vitesse variable est installé pour limiter les consommations électriques et les bruits.

! Pour des circuits de radiateurs, sans hydro-accumulation, des robinets manuels sont préservés sur les radiateurs (radiateurs de la salle d'eau par exemple) pour pouvoir dissiper un minimum d'énergie. L'installation de robinets thermostatiques est imposée sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

Dans le cas où l'appareil alimente uniquement le système de production d'ECS (déconseillé) :

- une alarme est disposée en bas du ballon d'hydro-accumulation pour prévenir les utilisateurs sur le niveau de charge du ballon (au ¾, par exemple) ;
- des thermomètres placés à plusieurs niveaux du ballon sont importants pour renseigner l'utilisateur sur le niveau de charge ;
- une vanne manuelle permet de réaliser le fonctionnement en été sans allumer le poêle sur le stockage (cumulus) avec appoint électrique. L'appoint électrique permet également de combler le besoin de chaleur lorsque le poêle ne fonctionne plus ;
- la puissance du bouilleur est choisie en regard du besoin réel d'ECS. Il est indispensable de dimensionner l'appareil (partie eau) en premier lieu selon le besoin ECS et de valider ensuite la puissance de l'appareil sur la partie air et non l'inverse.

! Le circuit doit pouvoir dissiper l'énergie produite en permanence. Attention aux périodes sans puisage. Il reste préférable de réaliser le chauffage en plus de l'ECS afin de libérer à tout moment l'excédent de chaleur.

< ACCESSOIRES HYDRAULIQUES OBLIGATOIRES OU CONSEILLÉS

Refroidissement d'urgence

Conformément à la norme NF DTU 65.11 P1-1, le bouilleur doit disposer d'un dispositif de refroidissement actionné par un aquastat limiteur de sécurité taré à environ 95°C (positionné en sortie du circuit d'eau chaude) afin d'empêcher une élévation de température supérieure à 105°C. Le limiteur de température de sécurité (aquastat) doit être conforme à la norme NF EN 60730-2-9. Ce dispositif de sécurité se traduit dans son ensemble soit par :

- un échangeur intégré à l'appareil équipé d'un bouilleur (indépendant du réseau d'eau de chauffage). Il est relié sur le réseau d'eau public et disposant une vanne thermostatique normalement fermée et actionnée par limiteur de température de sécurité (95°C) ;
- une double vanne thermostatique normalement fermée et actionnée par le limiteur de température de sécurité (95°C). Elle est reliée en entrée et en sortie du bouilleur. Ce dispositif nécessite un clapet anti retour pour éviter que l'eau froide ne se dirige vers le circuit de chauffage.

Le dispositif doit actionner un appareil d'alarme lumineux ou sonore en cas de détection de surchauffe permettant d'informer l'utilisateur d'un dysfonctionnement.

Vanne mélangeuse anti-retour froid

Pour éviter la condensation humide et acide dans l'appareil bouilleur, la température de retour d'eau doit être supérieure au point de rosée des fumées bois.

Il est impératif d'assurer des retours chauds à l'appareil (supérieurs à 60°C) en installant une vanne à trois voies thermostatique (régule le débit d'eau de recyclage de façon à assurer des retours supérieurs à 60°C) ou électromécanique (une sonde de température sur le retour bouilleur pilote le moteur de la vanne à trois voies). La voie commune de la vanne trois voies est installée à l'aspiration du circulateur.

Le dispositif anti-retour froid peut être directement intégré dans l'appareil (bipasse ou vanne de mélange) avec un circulateur intégré. Il convient de se référer aux prescriptions du fabricant et à sa condition de garantie.

Vase d'expansion

Il doit être installé un vase d'expansion, ouvert ou fermé. Un vase d'expansion fermé à pression variable doit être mis en œuvre pour assurer une protection contre les variations de pression dans le circuit hydraulique dues à la montée en température du système. Il doit être positionné de préférence en amont de l'appareil bouilleur et en amont du circulateur.

■ COMMENTAIRE

Certains appareils équipés d'un bouilleur ne sont pas prévus pour être installés sur un réseau fermé en raison des pressions plus élevées de fonctionnement. Il est donc important que l'installateur choisisse judicieusement l'appareil avant toute installation. Ce point est absolument fondamental en raison des risques encourus par l'utilisation d'installations sous pression à eau chaude dans des lieux de séjours. Les appareils conçus selon la norme NF EN 14785 sont prévus pour fonctionner en circuit ouvert ou fermé à condition que les exigences qui y sont spécifiées soient

Les appareils fonctionnant sur vase ouvert ne dépassent en général pas des pressions d'eau de 2 bars conformément à la norme NF EN 12809 de fabrication. Le vase ouvert présente des inconvénients importants. Il demande la

mise en place de celui-ci sur le point haut de l'installation (usuellement dans les combles). Une protection contre le gel doit être prévue. De plus la communication avec l'atmosphère entraîne un phénomène d'oxydation dans le réseau d'eau qui produit des boues obturant et détériorant les réseaux métalliques à moyen et long terme.

Disconnecteur sur le réseau d'alimentation en eau

L'installation de chauffage doit être équipée de dispositifs capables de remplir l'installation et d'ajuster le niveau d'eau. La réglementation impose d'installer un disconnecteur de type CA ou BA sur une installation de puissance inférieure à 70 kW raccordée au réseau d'eau potable, selon le fluide caloporteur utilisé. Un ensemble de protection EA, composé d'un clapet de non-retour anti-pollution contrôlable associé à une vanne placée en amont, doit être prévu en complément à une distance inférieure à 3 m du point de piquage.

Soupape de sécurité

La soupape de sécurité de surpression est obligatoire pour ce type d'installation en réseau d'eau fermé. Si l'appareil à bouilleur n'est pas équipé d'usine d'une soupape de sécurité, cet élément doit être installé. La soupape est conforme à la norme NF P 52-001.

! Le montage de la soupape est fait à un endroit accessible. Son raccordement s'effectue à proximité immédiate sur le départ de l'appareil. Aucun dispositif d'isolement n'est prévu entre la soupape et l'appareil muni d'un bouilleur.

Circulateur

Il permet la circulation de l'eau dans la boucle primaire de l'appareil à bouilleur. Le fonctionnement du circulateur est asservi à la température d'eau en sortie du bouilleur, permettant une montée plus rapide en température de ce dernier. Il est commandé par le régulateur/comparateur de l'aquastat du circuit primaire alimentant le bouilleur afin de fournir une température suffisante en sortie d'appareil (exemple : 80°C). Le circulateur doit être placé sur le retour de l'installation, où la température est moins chaude, et doit pouvoir résister aux températures de fonctionnement ainsi qu'aux pressions de l'installation.

Robinet de vidange

Le circuit hydraulique équipé d'un bouilleur dispose d'un robinet de vidange installé au point bas de l'installation

Purgeur d'air

L'installation doit comporter un purgeur situé au point haut du réseau. Il est également conseillé d'équiper le volume tampon. Le purgeur automatique doit être associé à une vanne d'isolement.

Pot de décantation et filtre à tamis

L'installation d'un pot de décantation et d'un filtre à tamis est fortement conseillée en amont de l'appareil bois, sur la canalisation de retour du réseau de chauffage, pour la protéger de l'embouage et préserver un échange thermique optimal.

Le filtre à tamis doit être d'un diamètre au moins égal au diamètre du circuit. L'installation d'un robinet de vidange est conseillée en bas du volume tampon pour permettre d'évacuer les dépôts.

Vanne d'équilibrage

Une vanne d'équilibrage placée en série avec le circulateur, généralement sur le retour du circuit de chauffage, permet d'ajuster le point de fonctionnement du circulateur à vitesse constante afin que le débit soit conforme à celui spécifié par le fabricant de l'appareil bois. Un modèle à mesure de débit est conseillé.

Dans le cas d'un réseau de planchers chauffants, des vannes d'équilibrage doivent être installées sur chaque boucle (au niveau du distributeur ou du collecteur).

Sonde de température

Pour permettre une montée en température plus rapide du bouilleur et éviter l'apparition de condensation, le circulateur est asservi pour fonctionner à partir d'une température comprise entre 50 à 60°C. La sonde est positionnée en sortie du circuit du bouilleur dans un doigt de gant (ou au contact de la tuyauterie).

Manomètre placé sur le circulateur (non représenté sur les schémas)

Le manomètre implanté sur le circulateur doit être associé à deux vannes d'isolement. Il permet de mesurer la hauteur manométrique du circulateur et d'évaluer le débit à partir de la courbe caractéristique du circulateur.

Thermomètres

Le circuit hydraulique équipé d'un bouilleur dispose de deux thermomètres en entrée et en sortie de l'appareil.

Thermostat de sécurité sur le départ du plancher chauffant

La mise en place d'un thermostat de sécurité sur le départ des planchers chauffants est obligatoire. Il doit être à réarmement manuel, indépendant de la régulation et fonctionnant mécaniquement, sans alimentation électrique. Il doit couper la fourniture de chaleur pour que la température dans le plancher chauffant ne dépasse pas 55°C.

En cas de dépassement de température, il doit mettre à l'arrêt l'appareil bois et l'appoint électrique ainsi que le circulateur.

Robinets thermostatiques

Ils équipent les radiateurs. On rappelle qu'ils sont obligatoires sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

La soupape de pression différentielle représentée permet d'éviter le fonctionnement du circulateur à un point trop élevé sur sa caractéristique et les nuisances sonores induites lorsque les robinets thermostatiques se ferment. Dans ce cas, elle s'ouvre sous l'effet de l'augmentation de pression différentielle. Elle doit être réglée à la hauteur manométrique du point de fonctionnement nominal du circulateur.

La soupape de pression différentielle peut être remplacée par un circulateur à vitesse variable car la présence du volume tampon à quatre piquages assure le découplage hydraulique avec le circuit primaire.

Groupe de sécurité

Le ballon d'eau chaude sanitaire doit être alimenté en eau froide par l'intermédiaire d'un groupe de sécurité. Il ne doit y avoir aucun piquage ou organe entre le groupe de sécurité et le ballon.

< CONSEILS DE DIMENSIONNEMENT DES PRINCIPAUX ÉQUIPEMENTS HYDRAULIQUES

Ballon d'hydro-accumulation

Pour que l'appareil à bûches fonctionne toujours à sa puissance nominale, même quand la demande est très faible, le volume du ballon doit être capable d'absorber une charge complète de l'appareil à bûches. Le ratio de la hauteur sur le diamètre du ballon doit être compris entre 1,5 et 3 pour une meilleure utilisation de la stratification.

- Cas où l'appareil bouilleur à bûches alimente un circuit de chauffage (radiateurs ou plancher) et un système de production d'ECS (cas recommandé) :

! La capacité du ballon d'hydro-accumulation peut être recommandée par le fabricant. Un ratio compris entre 40 et 60 litres par kW de puissance sur l'eau du bouilleur est généralement préconisé.

Le volume du ballon d'hydro-accumulation se détermine conformément à la formule suivante :

$$V = \frac{E_{\text{bois}}}{1.16 \cdot \Delta T}$$

- V : volume du ballon (m³) ;
- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- ΔT : différence de température entre le point le plus haut du ballon et le point le plus bas du ballon (K).

Détermination de la différence de température (ΔT)

La température de départ du bouilleur peut être considérée égale à 85°C. La différence de température ΔT est de 50 K si on produit de l'eau chaude sanitaire par bain-marie (le bas du ballon est alors à une température proche des 35°C).

Pour limiter le volume du ballon d'hydro-accumulation, la capacité en eau de l'installation peut être retranchée au volume calculé. Les émetteurs régulés par des robinets thermostatiques ne doivent pas être considérés comme faisant partie du volume d'hydro-accumulation de l'installation.

Détermination de l'énergie libérée par une charge de bois (E_{bois})

Tous les constructeurs ne donnent pas directement l'énergie libérée par une charge de bois. On peut trouver : sa masse, sa durée de combustion, la capacité volumique de la chaudière.

- si le constructeur donne la masse d'une charge de bois M_{bois} :

$$E_{\text{bois}} = \eta \times M_{\text{bois}} \times PCI \times \text{ratio}_{\text{eau}}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge (kWh) ;
- M_{bois} : masse d'une charge de bois (kg) ;
- PCI : pouvoir calorifique inférieur estimé à 4 kWh/kg à 20 % d'humidité ;
- η : rendement de l'appareil à bûches ;
- ratio_{eau} : rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1)
- si le constructeur ne donne que la capacité de chargement de la chaudière V_{bois} :

$$E_{\text{bois}} = PCI \times \eta \times V_{\text{bois}} \times \text{ratio}_{\text{eau}}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- PCI : pouvoir calorifique inférieur estimé à 1600 kWh/m³ ;

- V_{bois} : volume du magasin (m^3) ;
- $ratio_{eau}$: rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1)
- si le constructeur donne la durée de combustion d'une charge H_c :

$$E_{bois} = H_c \times P_{nom} \times ratio_{eau}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- H_c : durée de combustion d'une charge de bois à puissance nominale (h) ;
- P_{nom} : puissance nominale de l'appareil (kW) ;
- $ratio_{eau}$: rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1).

COMMENTAIRE

La valeur de H_c de combustion est définie selon le type de matériel. Il faut vérifier en fonction de la typologie d'appareil la durée de combustion moyenne d'une charge nominale. Sur les inserts à bûches, H_c fluctue entre 0,75 et 1,0 h (respectivement pour des appareils à « combustion continue » et à « combustion intermittente »). Sur les poêles à bûches, H_c fluctue entre 0,75 et 1,5 h (respectivement pour des appareils à « combustion continue » et à « combustion intermittente »).

Tableau 5 : Valeurs indicatives d'un bouilleur à bûche à « combustion continue »

PUISSANCE TOTALE P_{totale}	P_{air}	P_{eau}	RATIO $_{eau}$	M_{bois} (1 charge nominale)	η	PCI	H_c	E_{bois}
20 kW	7,5 kW	12,5 kW	62,5 %	10,7 kg au total	70 %	4 kWh/kg	1,5h	18,75 kWh (= $M_{bois} \times PCI \times Ratio_{eau} \times \eta$)

Le volume du ballon d'hydro-accumulation est de 800 litres :

$$V = \frac{E_{bois}}{1.16 \cdot \Delta T} = 18.75 / (1.16 \times 20) \approx 800 \text{ litres}$$

- Cas où l'appareil bouilleur à bûches alimente uniquement un système de production d'ECS (cas déconseillé) :

Il est recommandé d'utiliser un volume de stockage capable de stocker au moins 75 % à 100 % de l'énergie dissipée par un fonctionnement à puissance nominale sur 24 h (soit 75 à 100 % x P_{eau} x 24 en kWh).

COMMENTAIRE

Dans l'exemple précédent, pour un poêle de 12,5 kW (coté eau), l'énergie libérée était de 18.7 kWh (E_{bois}) pour une seule charge nominale de bois. Si l'énergie journalière consommée en ECS est de 10 kWh (cas moyen pour 4 personnes), on comprend le danger de mal dimensionner une solution de stockage.

Vase d'expansion fermé

Le dimensionnement du vase d'expansion s'effectue conformément au NF DTU 65.11. Il consiste à déterminer sa pression de gonflage ainsi que sa capacité.

La pression de gonflage du vase doit être supérieure à la pression statique de l'installation de façon à ce que, à froid, l'eau n'entre pas dans le vase et que

le volume soit maximal pour absorber la dilatation de l'eau. Elle est exprimée en bar et doit correspondre à la pression statique de l'installation arrondie au 0.5 bar supérieur.

La capacité du vase doit être telle qu'elle puisse recueillir le volume d'expansion de l'installation en considérant le volume du ballon d'hydro-accumulation.

Tableau 6 : Capacité du vase, pour une pression de tarage de soupape de 3 bars, en fonction du volume d'eau d'une installation à basse température (45°C) et de la hauteur statique

CONTENANCE MAXIMALE DE L'INSTALLATION (l)	CAPACITÉ DU VASE D'EXPANSION EN LITRES POUR UNE HAUTEUR STATIQUE JUSQU'À		
	5 m	10 m	15 m
200	15	19	28
300	22	29	43
400	30	39	57
500	37	48	71
600	45	58	85
700	52	68	100
800	60	77	114
900	67	87	128
1 000	75	97	142
1 250	93	121	178
1 500	112	145	213
1 750	131	169	249
2 000	149	193	285

Vase d'expansion ouvert

Le dimensionnement du vase s'effectue conformément au NF DTU 65.11 :

- Vutile > 20 % de la contenance de l'installation ;
- Dn1 > 20 mm intérieur et $15 + \sqrt{Pn}$ avec Pn la puissance du bouilleur ;
- Dn2 > 22 mm intérieur et $15 + 1,4 \sqrt{Pn}$ avec Pn la puissance du bouilleur ;
- Dn3 = Dn1 ;
- h > Hauteur nécessaire à la pression de service (généralement H > 5 m).

Circulateurs de chauffage

Le débit du circulateur est calculé pour la puissance du circuit de chauffage et pour la chute de température choisie sur le circuit. Sa hauteur manométrique du circulateur est égale à la somme des pertes du circuit de distribution, des pertes de charge de la production et des pertes de charge de la vanne de régulation à pleine ouverture.

Vanne de régulation du circuit de chauffage

Pour assurer une autorité suffisante, de l'ordre de 0,5, la vanne de régulation doit être choisie avec une perte de charge au moins équivalente à la perte de charge de la production.

Soupape de sécurité de surpression

La soupape de sécurité est dimensionnée pour répondre à la pression totale développée dans l'installation à proximité du générateur. Elle doit s'ouvrir à une pression correspondant à la pression maximale d'utilisation de l'installation et doit pouvoir empêcher tout dépassement de cette pression supérieur à 10 %.

En général les soupapes sont tarées à 3 bar. Attention toutefois à vérifier si cette pression est la pression maximale d'utilisation du bouilleur précisée par le fabricant.

Réseau de chauffage

Sans ballon d'hydro-accumulation et pour éviter toute problématique de dissipation de chaleur, on recommande de disposer d'au moins 50 % x Pbouilleur de puissance en radiateurs disponible sans robinet thermostatique. Une limite haute de puissance est également conseillée pour éviter des retours d'eau à températures trop froide (voir préconisations du fabricant le cas échéant).

■ COMMENTAIRE

Le bouilleur produit 10,9 kW à l'eau et 4,8 kW à l'air. La puissance cumulée est de 15,7 kW.

Les radiateurs présents possèdent une puissance cumulée de 15 kW à régime d'eau 80/60°C après le volume tampon. La limite basse de puissance à installer sans robinet thermostatique est de 50 % x 10,9 = 5,45 kW. Il convient de laisser au moins 5,45 kW de puissance de radiateur sans robinet thermostatique pour dissiper la chaleur. Ici, les radiateurs conviennent à condition de vérifier que certains d'entre eux soient installés sans robinet thermostatique.

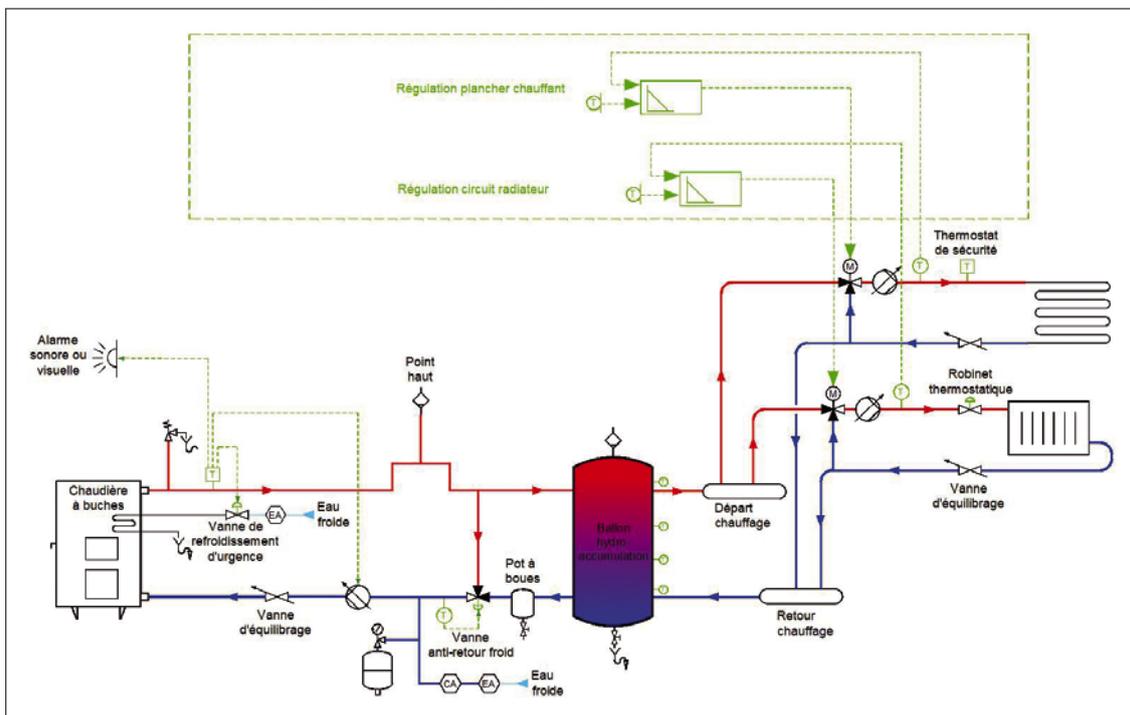
06

SCHÉMA 4 : CHAUDIÈRE À BÛCHES POUR UNE PRODUCTION DE CHAUFFAGE SEULE



Ce schéma comporte une chaudière à bûches qui alimente un circuit de chauffage (radiateurs ou plancher). Il intègre un ballon d'hydro-accumulation.

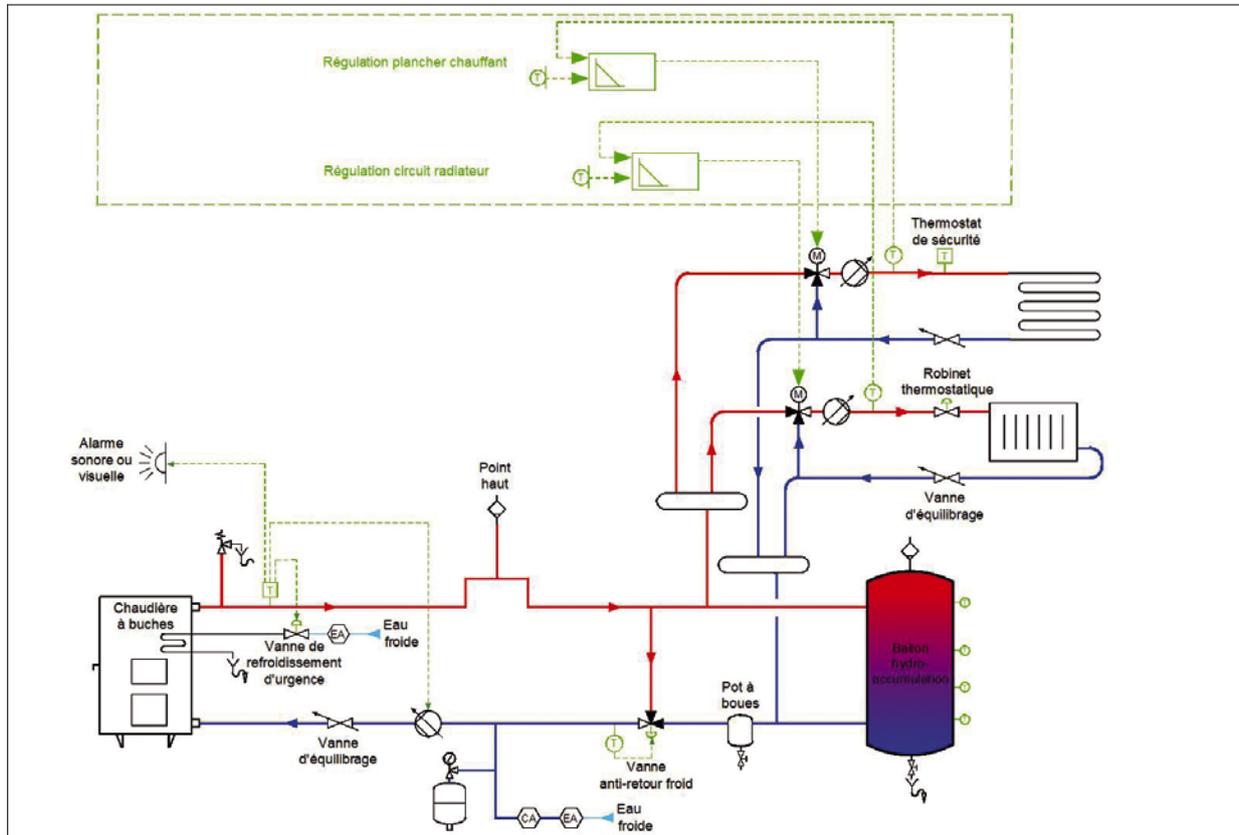
Schéma 14 : Chaudière manuelle à bûches avec ballon d'hydro-accumulation à 4 piquages



La chaudière bûches est raccordée à un ballon d'hydro-accumulation quatre piquages en parallèle et d'un collecteur deux circuits de chauffage. La chaudière est équipée d'un système de recyclage avec régulation.

Dans une configuration à quatre piquages, le ballon d'hydro-accumulation est raccordé au réseau primaire de production en vis-à-vis du réseau secondaire de distribution. Cette solution implique de traverser systématiquement le ballon d'hydro-accumulation pour alimenter le réseau de chauffage. La mise en température du haut du ballon peut impliquer une inertie importante au moment du redémarrage de la chaudière.

Schéma 15 : Chaudière manuelle à bûches avec ballon d'hydro-accumulation à 2 piquages



La chaudière bûches est raccordée à un ballon d'hydro-accumulation deux piquages en parallèle et d'un collecteur deux circuits de chauffage. La chaudière est équipée d'un système de recyclage avec régulation.

Dans une configuration à deux piquages, la chaleur produite par la chaudière est directement utilisée et transmise au réseau de chauffage.

Pour limiter au maximum l'interaction entre les deux réseaux et assurer le découplage hydraulique, il convient de limiter la distance de piquage du té vers le ballon et d'augmenter le diamètre de la canalisation en ce point.

Schéma 16 : Circuits de distribution : sur radiateurs : le réseau n°1 alimente un réseau de radiateurs

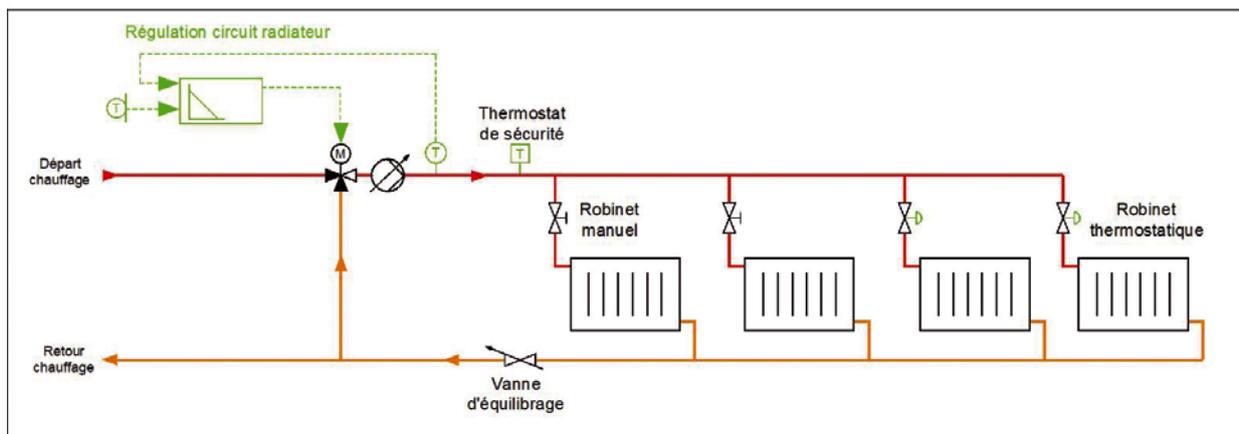
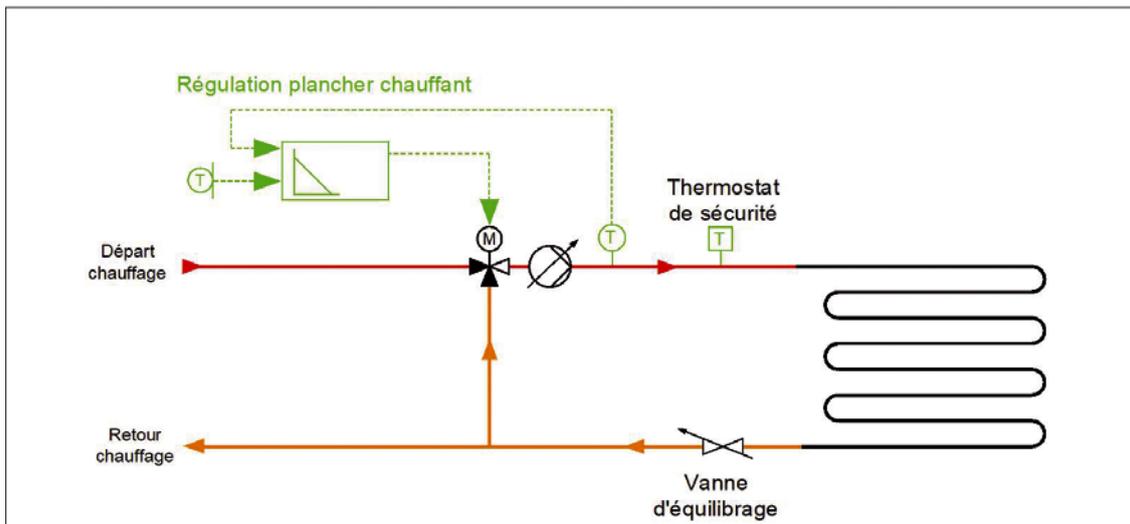


Schéma 17 : Circuits de distribution : sur plancher chauffant : Le réseau n°2 alimente un réseau de plancher chauffant



! Dans le cas d'une installation avec ballon d'hydro-accumulation, et pour pouvoir utiliser au maximum le stockage d'énergie, un réseau de chauffage fonctionnant à basse température est optimal.

< AVEZ-VOUS CHOISI LE BON SCHÉMA ?

- L'installation assure uniquement la production de chauffage.
- La chaudière suffit à chauffer la maison.
- L'installation du ballon d'hydro-accumulation est envisageable.
- Le réseau de chauffage fonctionne de préférence à basse température.

< LES SPÉCIFICITÉS À RESPECTER

- Le raccordement hydraulique des chaudières bois bûches est conforme aux prescriptions de la NF DTU 65.11 – Dispositifs de sécurité des installations de chauffage central concernant le bâtiment.
- Les critères de conception de l'installation sont conformes à la NF EN 12828.
- Les chaudières bois bûches sont conçues conformément à la NF EN 303.5 (puissance inférieure à 500 kW) et NF EN 12809 (chaudière de puissance inférieure à 50 kW destinée à être installée dans le volume habitable). La NF EN 303.5 définit cinq classes (1 à 5) de matériels en fonction de leurs performances.
- Les chaudières fonctionnant sur vase ouvert (à pression hydraulique inférieure à 2 bar) sont conçues selon la NF EN 12809.
- Installation d'un ballon d'hydro-accumulation.
- La puissance de la chaudière bois doit être choisie largement supérieure aux déperditions. L'autonomie d'une nuit complète en pleine période de chauffe doit être assurée.

Les types de chaudières à privilégier :

- ce schéma convient pour tout type de chaudières bois bûches.

< PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ET DE LA RÉGULATION

La régulation d'une chaudière à bûches est un point primordial de sécurité comme de confort. Le régulateur usuel comprend les actions suivantes :

- actionnement d'une vanne de mélange pour permettre un retour à la chaudière à température supérieure à 65°C ;

- actionnement en cas de surchauffe (température d'eau supérieure à 95°C) de la vanne permettant l'arrivée d'eau froide dans un échangeur de sécurité. Cette action comprend l'activation d'une alarme pour informer l'utilisateur (conformément au NF DTU 65.11).

En hydro-accumulation, pour que le stockage d'énergie soit efficace, on régule à partir de 80°C. Le régime d'eau de la chaudière peut être considéré avec une différence de température de l'ordre de 15 K à 20 K (soit un départ à 80°C pour un retour de 65°C à 60°C). Se référer à la notice fabricant.

! Seule l'installation avec ballon d'hydro-accumulation permet l'installation d'une régulation de chauffage sur une chaudière à bois bûches.

La température au départ de la chaudière est :

- sans hydro-accumulation et pour limiter les pertes thermiques : à partir de 70°C ;
- avec hydro-accumulation, pour que le stockage d'énergie soit efficace : à partir de 80°C.

La conduite de la combustion d'une chaudière bois bûches est difficile. L'installation, les conditions de fonctionnement, les souhaits de l'utilisateur sont différents pour chaque application.

Lorsque les thermomètres placés sur le ou les ballons indiquent tous une température supérieure à 80°C, c'est que les ballons sont chargés en énergie. Dans ce cas il ne faut surtout pas recharger la chaudière. Recharger la chaudière lorsque la température dans les ballons risque d'être trop faible pour couvrir les besoins (30 à 40°C en haut des ballons si on est en chauffage basse ou haute température). La combustion est facilitée (mieux ordonnée, homogène) lorsque le bois est rangé de façon ordonnée dans le foyer.

COMMENTAIRE

Précautions à prendre avec une installation sans hydro-accumulation : il ne faut pas charger excessivement la chaudière (surtout en demi-saison : si avec un gros chargement l'autonomie augmente, on crée surtout d'importantes phases de ralenti et on diminue fortement la durée de vie de la chaudière). En mi-saison, la quantité de bois chargée dans le foyer doit donc dépendre de la température extérieure (risque de surchauffe, ou de fonctionnement au ralenti pouvant entraîner une corrosion rapide). Ne pas recharger la chaudière avant que la charge précédente soit terminée, ne laissant qu'un lit de braise, qu'on réutilisera pour l'embrasement de la charge suivante.

Le ballon d'hydro-accumulation se place en dérivation entre l'appareil à bûches et le circuit de chauffage. Le ballon d'hydro-accumulation peut être à 2 ou 4 piquages.

Dans une configuration à 4 piquages, le ballon d'hydro-accumulation est raccordé au réseau primaire de production en vis-à-vis du réseau secondaire de distribution. Cette solution implique de toujours traverser le ballon d'hydro-accumulation pour alimenter les émetteurs. Le ballon assure le stockage des boues en point bas (pots à boues).

Dans une configuration à 2 piquages, la chaleur produite par la chaudière est directement utilisée et transmise au réseau secondaire. Pour limiter au maximum l'interaction entre les deux réseaux et assurer le découplage hydraulique, il convient de limiter la distance de piquage du té vers le ballon et d'augmenter le diamètre de la canalisation en ce point.

Le ballon d'hydro-accumulation doit être muni de 3 ou 4 thermomètres de contrôle de charge. Il faut éviter les turbulences dues aux entrées et sorties d'eau (effet de jet). Il peut être équipé d'une résistance électrique d'appoint immergée.

Une régulation en fonction de la température extérieure (régulation climatique) peut être mise en œuvre. Elle est indispensable pour la bonne gestion de la décharge du stockage d'énergie. Elle agit sur la vanne à trois voies au départ du circuit du circuit de chauffage et règle la température d'eau alimentant le circuit de chauffage en fonction de la température extérieure.

- ! **Pas de vanne à 4 voies en aval du ballon d'hydro-accumulation.**
- ▲ **Une destratification du ballon d'hydro-accumulation a lieu dès lors que le réseau de chauffage en faible demande (circulation par thermosiphon).**

Le circulateur du réseau de distribution doit être au moins activé par un aquastat placé dans le ballon d'hydro-accumulation (en partie haute) ou être activé en permanence ou un moyen équivalent pour assurer la dissipation de chaleur dans les émetteurs de chaleur.

Pour des planchers chauffants, un circulateur à vitesse variable est installé pour limiter les consommations électriques et les bruits. Un régulateur avec une sonde extérieure permet d'adapter la température de départ d'eau chaude en fonction de la rigueur du climat. Un thermostat de sécurité 55° évite les surchauffes.

COMMENTAIRE

Si on installe une hydro-accumulation, et pour pouvoir utiliser au maximum le stockage d'énergie, on optera pour un système d'émission à basse température et un plancher chauffant.

Pour des circuits de radiateurs, Un circulateur à vitesse variable est installé pour limiter les consommations électriques et les bruits. Un régulateur avec une sonde extérieure permet d'adapter la température de départ d'eau chaude en fonction de la rigueur du climat.

COMMENTAIRE

Sans hydro-accumulation, pour assurer les retours chauds, les émetteurs sont des émetteurs à haute température.

Pour augmenter le confort, et lisser un peu les variations de températures dues au fonctionnement sans hydro-accumulation, on optera pour des émetteurs à forte inertie (radiateurs fonte par exemple).

L'installation de robinets thermostatiques est imposée sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

- ! **Sans hydro-accumulation, il est recommandé de laisser deux radiateurs sans régulation thermostatique pour pouvoir évacuer un surplus éventuel de chaleur (les radiateurs de la salle d'eau par exemple).**

< ACCESSOIRES HYDRAULIQUES OBLIGATOIRES OU CONSEILLÉS

Vanne mélangeuse anti-retour froid

Pour éviter la condensation humide et acide dans la chaudière bois, la température de retour d'eau doit être supérieure au point de rosée des fumées bois.

Il est impératif d'assurer des retours chauds à l'appareil (supérieurs à 60°C) en installant une vanne à trois voies thermostatique (régule le débit d'eau de recyclage de façon à assurer des retours supérieurs à 60°C) ou électromécanique (une sonde de température sur le retour bouilleur pilote le moteur de la vanne à trois voies). La voie commune de la vanne trois voies est installée à l'aspiration du circulateur.

Le dispositif anti-retour froid peut être directement intégré dans l'appareil (bipasse ou vanne de mélange) avec un circulateur intégré. Il convient de se référer aux prescriptions du fabricant et à sa condition de garantie.

Vase d'expansion

Il doit être installé un vase d'expansion, ouvert ou fermé.

Les appareils fonctionnant sur vase ouvert ne dépassent en général pas des pressions d'eau de 2 bars conformément à la norme NF EN 12809 de fabrication. Le vase ouvert permet une évacuation immédiate de la vapeur produite par la chaudière en surchauffe sans aucun appareillage supplémentaire, et directement à l'air libre. Néanmoins, il présente des inconvénients importants. Il demande la mise en place de celui-ci sur le point haut de l'installation (usuellement dans les combles). Une protection contre le gel doit être prévue. De plus la communication avec l'atmosphère entraîne un phénomène d'oxydation dans le réseau d'eau qui produit des boues obturant et détériorant les réseaux métalliques à moyen et long terme.

Un vase d'expansion fermé à pression variable est de préférence mis en œuvre pour assurer une protection contre les variations de pression dans le circuit hydraulique dues à la montée en température du système. Il doit être positionné de préférence en amont de la chaudière et en amont du circulateur. Il nécessite l'ajout d'une soupape de sécurité et d'un serpentín de décharge thermique.

Soupape de sécurité

La soupape de sécurité de surpression, généralement tarée à 3 bar, est obligatoire pour les installations en réseau d'eau fermé. Si la chaudière n'est pas équipée d'usine d'une soupape de sécurité, cet élément doit être installé. La soupape est conforme à la norme NF P 52-001. La mise en place de la soupape est associée à un manomètre permettant de surveiller la pression de l'installation et si besoin effectuer un appoint d'eau.

! Le montage de la soupape est fait à un endroit accessible. Son raccordement s'effectue à proximité immédiate sur le départ de la chaudière. Aucun dispositif d'isolement n'est prévu entre la soupape et la chaudière.

Refroidissement d'urgence

Conformément à la norme NF DTU 65.11 P1-1, la chaudière doit disposer d'un dispositif de refroidissement actionné par un aquastat limiteur de sécurité taré à environ 95°C (positionné en sortie du circuit d'eau chaude) afin d'empêcher

une élévation de température supérieure à 105°C. Le limiteur de température de sécurité (aquastat) doit être conforme à la norme NF EN 60730-2-9. Ce dispositif de sécurité se traduit dans son ensemble soit par :

- un échangeur intégré à la chaudière (indépendant du réseau d'eau de chauffage). Il est relié sur le réseau d'eau public et disposant une vanne thermostatique normalement fermée et actionnée par limiteur de température de sécurité (95°C) ;
- une double vanne thermostatique normalement fermée et actionnée par le limiteur de température de sécurité (95°C). Elle est reliée en entrée et en sortie de la chaudière. Ce dispositif nécessite un clapet anti retour pour éviter que l'eau froide ne se dirige vers le circuit de chauffage.

Le dispositif doit actionner un appareil d'alarme lumineux ou sonore en cas de détection de surchauffe permettant d'informer l'utilisateur d'un dysfonctionnement.

L'actionnement de la sécurité de surchauffe est réalisé de préférence par un moyen thermostatique. Dans le cas d'une sécurité électrique, l'électrovanne doit être normalement ouverte mais risque de provoquer des déclenchements intempestifs d'alarme en cas de coupure de courant.

Disconnecteur sur le réseau d'alimentation en eau

L'installation de chauffage doit être équipée de dispositifs capables de remplir l'installation et d'ajuster le niveau d'eau. La réglementation impose d'installer un disconnecteur de type CA ou BA sur une installation de puissance inférieure à 70 kW raccordée au réseau d'eau potable, selon le fluide caloporteur utilisé. Un ensemble de protection EA, composé d'un clapet de non-retour anti-pollution contrôlable associé à une vanne placée en amont, doit être prévu en complément à une distance inférieure à 3 m du point de piquage.

Circulateur

Il permet la circulation de l'eau dans la boucle primaire de la chaudière. Il est commandé par le régulateur/comparateur de l'aquastat du circuit primaire alimentant la chaudière afin de fournir une température suffisante en sortie d'appareil (exemple : 80°C). Le circulateur doit être placé sur le retour de l'installation, où la température est moins chaude, et doit pouvoir résister aux températures de fonctionnement ainsi qu'aux pressions de l'installation.

Robinet de vidange

Le circuit hydraulique dispose d'un robinet de vidange installé au point bas de l'installation.

Purgeur d'air

L'installation doit comporter un purgeur situé au point haut du réseau. Il est également conseillé d'équiper le ballon d'hydro-accumulation. Le purgeur automatique doit être associé à une vanne d'isolement.

Pot de décantation et filtre à tamis

L'installation d'un pot de décantation et d'un filtre à tamis est fortement conseillée en amont de la chaudière, sur la canalisation de retour du réseau de chauffage, pour la protéger de l'embouage et préserver un échange thermique optimal.

Le filtre à tamis doit être d'un diamètre au moins égal au diamètre du circuit. L'installation d'un robinet de vidange est conseillée en bas du ballon d'hydro-accumulation pour permettre d'évacuer les dépôts.

Vanne d'équilibrage

Une vanne d'équilibrage, traditionnellement placée en série avec le circulateur, permet d'ajuster le point de fonctionnement du circulateur à vitesse constante afin que le débit soit conforme à celui spécifié par le fabricant de la chaudière.

Dans le cas d'un circulateur à vitesse variable, elle peut être maintenue pour une lecture de débit (si modèle à mesure de débit).

Dans le cas d'un réseau de planchers chauffants, des vannes d'équilibrage doivent être installées sur chaque boucle (au niveau du distributeur ou du collecteur).

Thermostat de sécurité sur le départ du plancher chauffant

La mise en place d'un thermostat de sécurité sur le départ des planchers chauffants est obligatoire. Il doit être à réarmement manuel, indépendant de la régulation et fonctionnant mécaniquement, sans alimentation électrique. Il doit couper la fourniture de chaleur pour que la température dans le plancher chauffant ne dépasse pas 55°C.

En cas de dépassement de température, il doit mettre à l'arrêt l'appareil bois ainsi que le circulateur.

Robinets thermostatiques

Ils équipent les radiateurs. On rappelle qu'ils sont obligatoires sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

La soupape de pression différentielle représentée permet d'éviter le fonctionnement du circulateur à un point trop élevé sur sa caractéristique et les nuisances sonores induites lorsque les robinets thermostatiques se ferment. Dans ce cas, elle s'ouvre sous l'effet de l'augmentation de pression différentielle. Elle doit être réglée à la hauteur manométrique du point de fonctionnement nominal du circulateur.

< CONSEILS DE DIMENSIONNEMENT DES PRINCIPAUX ÉQUIPEMENTS HYDRAULIQUES

Ballon d'hydro-accumulation

Pour que la chaudière à bûches fonctionne toujours à sa puissance nominale, même quand la demande est très faible, le volume du ballon doit être capable d'absorber une charge complète de l'appareil à bûches. Le ratio de la hauteur sur le diamètre du ballon doit être compris entre 1,5 et 3 pour une meilleure utilisation de la stratification.

Le volume du ballon d'hydro-accumulation se détermine conformément à la formule suivante :

$$V = \frac{E_{\text{bois}}}{1.16. \Delta T}$$

- V : volume du ballon (m³) ;
- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- ΔT : différence de température entre le point le plus haut du ballon et le point le plus bas du ballon (K).

Détermination de la différence de température (ΔT)

La température de départ du bouilleur peut être considérée égale à 85°C. La différence de température ΔT est de :

- 20 K si on alimente un réseau de radiateurs haute température ;
- 45 K si on alimente un réseau de radiateurs basse température.

Pour limiter le volume du ballon d'hydro-accumulation, la capacité en eau de l'installation peut être retranchée au volume calculé. Les émetteurs régulés par des robinets thermostatiques ne doivent pas être considérés comme faisant partie du volume d'hydro-accumulation de l'installation.

Détermination de l'énergie libérée par une charge de bois (E_{bois})

Tous les constructeurs ne donnent pas l'énergie libérée par une charge de bois. On peut trouver : sa masse, sa durée de combustion, la capacité volumique de la chaudière.

- si le constructeur donne la masse d'une charge de bois M_{bois} :

$$E_{\text{bois}} = \eta \times M_{\text{bois}} \times \text{PCI} \times \text{ratio}_{\text{eau}}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge (kWh) ;
 - M_{bois} : masse d'une charge de bois (kg) ;
 - PCI : pouvoir calorifique inférieur estimé à 4 kWh/kg à 20 % d'humidité ;
 - η : rendement de l'appareil à bûches ;
 - $\text{ratio}_{\text{eau}}$: rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1)
- si le constructeur ne donne que la capacité de chargement de la chaudière V_{bois} :

$$E_{\text{bois}} = \text{PCI} \times \eta \times V_{\text{bois}} \times \text{ratio}_{\text{eau}}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
 - PCI : pouvoir calorifique inférieur estimé à 1600 kWh/m³ ;
 - V_{bois} : volume du magasin (m³) ;
 - $\text{ratio}_{\text{eau}}$: rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1)
- si le constructeur donne la durée de combustion d'une charge H_c :

$$E_{\text{bois}} = H_c \times P_{\text{nom}} \times \text{ratio}_{\text{eau}}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- H_c : durée de combustion d'une charge de bois à puissance nominale (h) ;
- P_{nom} : puissance nominale de l'appareil (kW) ;
- $\text{ratio}_{\text{eau}}$: rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1).

! La capacité du ballon d'hydro-accumulation peut être recommandée par le fabricant. Un ratio compris entre 40 et 60 litres par kW de puissance sur l'eau du bouilleur est généralement préconisé.

Soupape de sécurité de surpression

La soupape de sécurité est dimensionnée pour répondre à la pression totale développée dans l'installation à proximité du générateur. Elle doit s'ouvrir à une pression correspondant à la pression maximale d'utilisation de l'installation et doit pouvoir empêcher tout dépassement de cette pression supérieur à 10 %.

En général les soupapes sont tarées à 3 bar. Attention toutefois à vérifier si cette pression est la pression maximale d'utilisation du bouilleur précisée par le fabricant.

Vase d'expansion fermé :

Le dimensionnement du vase d'expansion s'effectue conformément au NF DTU 65.11. Il consiste à déterminer sa pression de gonflage ainsi que sa capacité.

La pression de gonflage du vase doit être supérieure à la pression statique de l'installation de façon à ce que, à froid, l'eau n'entre pas dans le vase et que le volume soit maximal pour absorber la dilatation de l'eau. Elle est exprimée en bar et doit correspondre à la pression statique de l'installation arrondie au 0.5 bar supérieur.

La capacité du vase doit être telle qu'elle puisse recueillir le volume d'expansion de l'installation en considérant le volume du ballon d'hydro-accumulation.

Tableau 7 : Capacité du vase, pour une pression de tarage de soupape de 3 bars, en fonction du volume d'eau d'une installation à basse température (45°C) et de la hauteur statique

CONTENANCE MAXIMALE DE L'INSTALLATION (l)	CAPACITÉ DU VASE D'EXPANSION EN LITRES POUR UNE HAUTEUR STATIQUE JUSQU'À		
	5 m	10 m	15 m
200	15	19	28
300	22	29	43
400	30	39	57
500	37	48	71
600	45	58	85
700	52	68	100
800	60	77	114
900	67	87	128
1 000	75	97	142
1 250	93	121	178
1 500	112	145	213
1 750	131	169	249
2 000	149	193	285

Vase d'expansion ouvert

Le dimensionnement du vase s'effectue conformément au NF DTU 65.11 :

- Vutile > 20 % de la contenance de l'installation ;
- Dn1 > 20 mm intérieur et $15 + \sqrt{Pn}$ avec Pn la puissance du bouilleur ;
- Dn2 > 22 mm intérieur et $15 + 1,4 \sqrt{Pn}$ avec Pn la puissance du bouilleur ;
- Dn3 = Dn1 ;
- h > Hauteur nécessaire à la pression de service (généralement H > 5 m).

Circulateurs de chauffage

Le débit du circulateur est calculé pour la puissance du circuit de chauffage et pour la chute de température choisie sur le circuit. Sa hauteur manométrique du circulateur est égale à la somme des pertes du circuit de distribution, des pertes de charge de la production et des pertes de charge de la vanne de régulation à pleine ouverture.

Vanne de régulation du circuit de chauffage

Pour assurer une autorité suffisante, de l'ordre de 0,5, la vanne de régulation doit être choisie avec une perte de charge au moins équivalente à la perte de charge de la production.

Réseau de chauffage

Sans ballon d'hydro-accumulation et pour éviter toute problématique de dissipation de chaleur, on recommande de disposer d'au moins 50% de puissance en radiateurs disponible sans robinet thermostatique. Une limite haute de puissance est également conseillée pour éviter des retours d'eau à température trop froide (voir préconisations du fabricant le cas échéant).

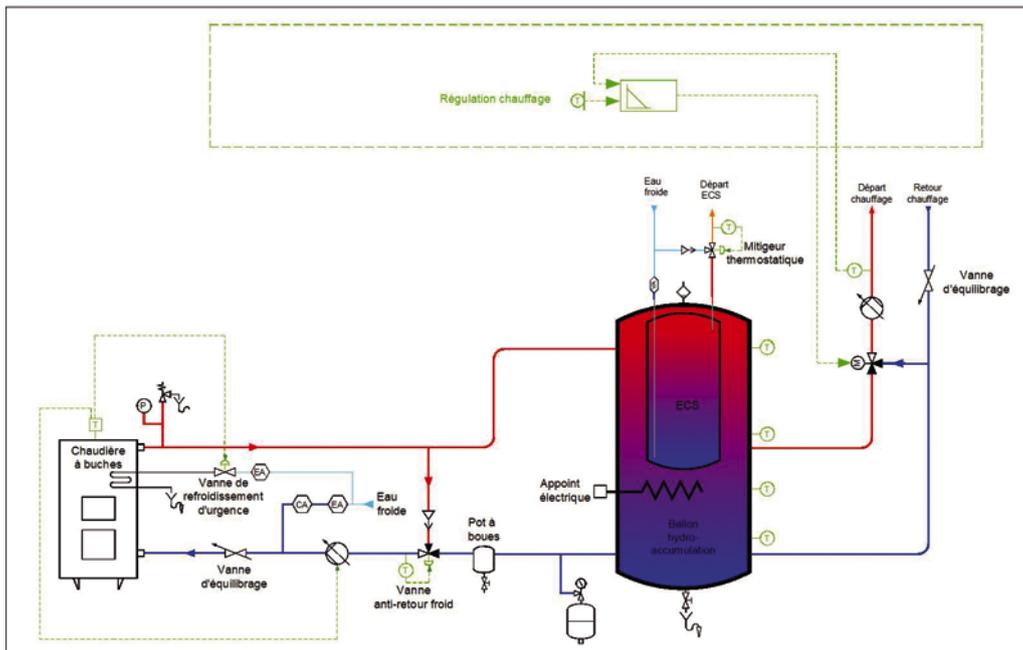
07

SCHEMA 5 : CHAUDIÈRE À BÛCHES POUR UNE PRODUCTION DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE



Ce schéma comporte une chaudière à bûches qui alimente un circuit de chauffage (radiateurs ou plancher) et un système de production d'ECS. Il intègre un ballon d'hydro-accumulation.

Schéma 18 : Chaudière manuelle à bûches avec un ballon d'hydro-accumulation 4 piquages et production d'ECS en bain marie

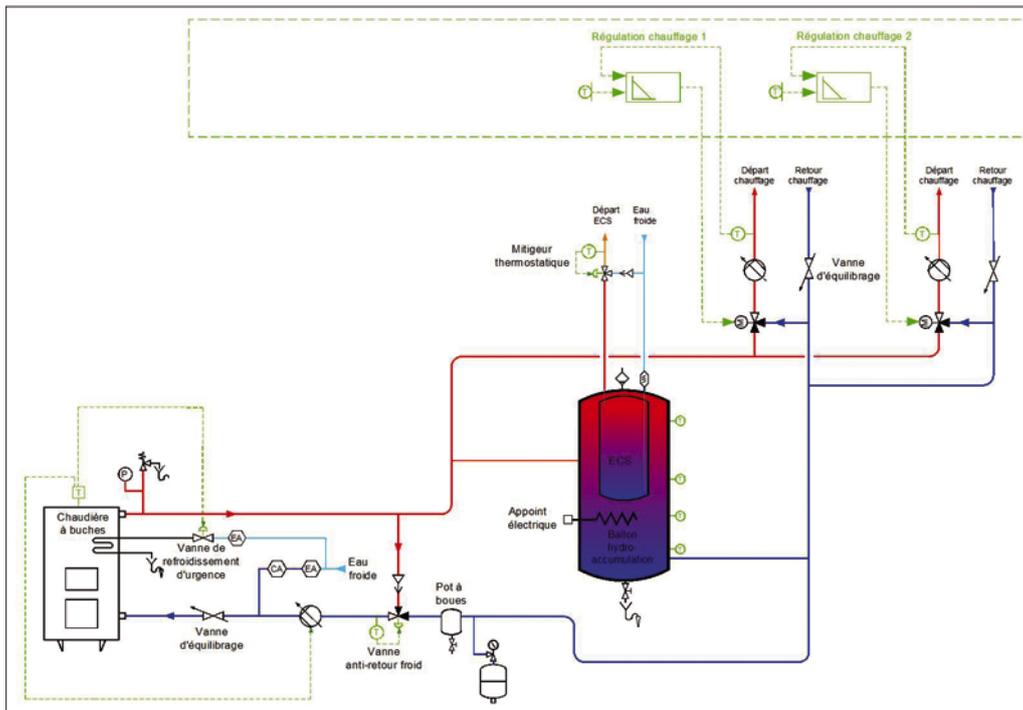


La chaudière bûches est raccordée à un ballon d'hydro-accumulation 4 piquages et est équipée d'un système de recyclage avec régulation, d'un circuit de chauffage et d'un bain marie.

C'est la solution classique. Dans une configuration à 4 piquages, le ballon d'hydro-accumulation est raccordé au réseau primaire de production en vis-à-vis du réseau secondaire de distribution. Cette solution implique de toujours traverser le ballon d'hydro-accumulation pour alimenter les émetteurs. Une inertie importante pour commencer à chauffer car il faut tout d'abord chauffer le haut du ballon.

La production d'eau chaude s'effectue au bain-marie. Le ballon d'ECS est immergé dans le ballon d'hydro-accumulation. Un appoint électrique peut être réalisé par des résistances électriques immergées dans le ballon, en cas d'arrêt prolongé de la chaudière bois. Le départ du circuit de chauffage est décalé vers le bas afin de laisser une réserve prioritaire à l'ECS.

Schéma 19 : Chaudière manuelle à bûches avec un ballon d'hydro-accumulation 2 piquages et production d'ECS en bain marie

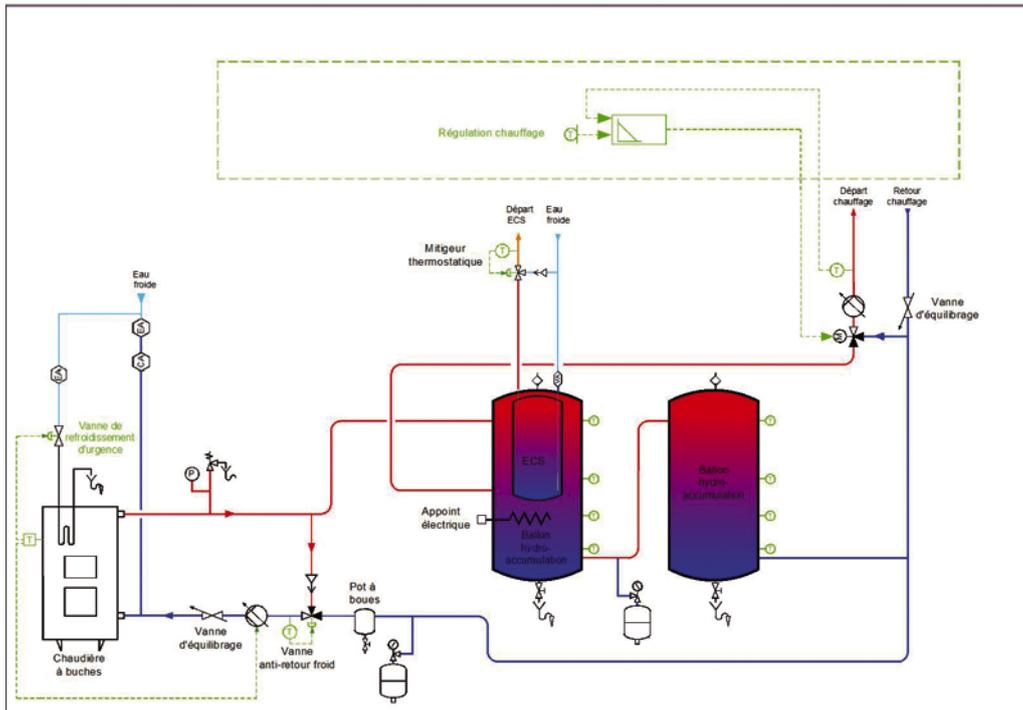


La chaudière bûches est raccordée à un ballon d'hydro-accumulation 2 piquages et équipée d'un système de recyclage avec régulation, de deux circuits de chauffage et d'un bain marie.

Dans une configuration à 2 piquages, la chaleur produite par l'appareil est directement utilisée et transmise au réseau secondaire. Pour limiter au maximum l'interaction entre les deux réseaux et assurer le découplage hydraulique, il convient de limiter la distance de piquage du té vers le ballon et d'augmenter le diamètre de la canalisation en ce point.

La production d'eau chaude s'effectue au bain-marie. Le ballon d'ECS est immergé dans le ballon d'hydro-accumulation. Un appoint électrique peut être réalisé par des résistances électriques immergées dans le ballon, en cas d'arrêt prolongé de la chaudière bois.

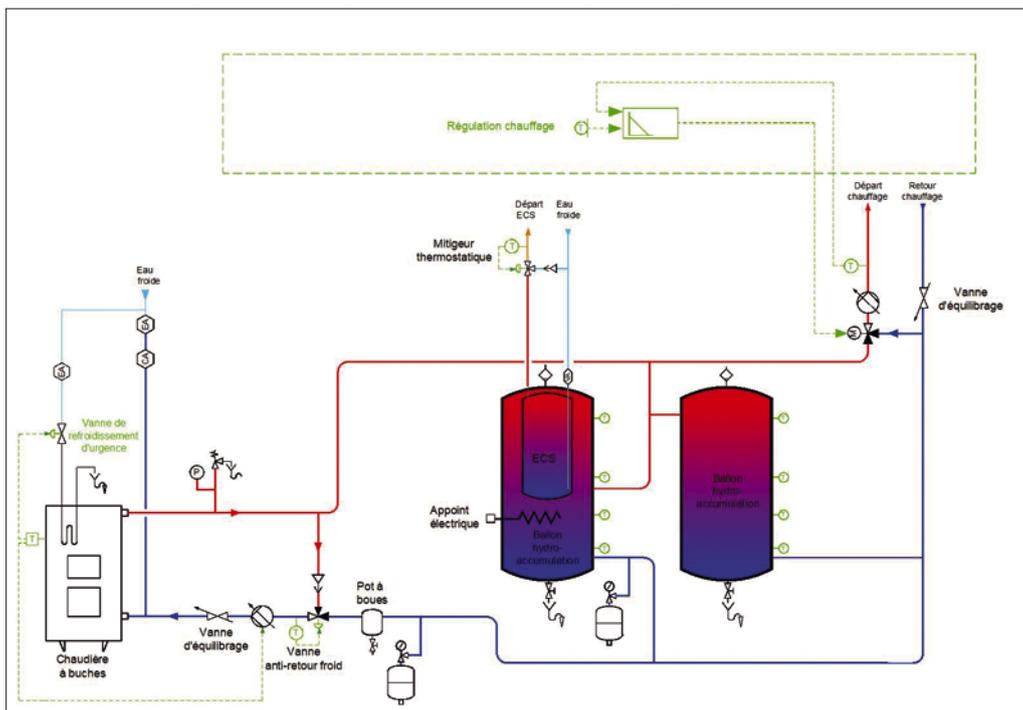
Schéma 20 : Chaudière manuelle à bûches avec plusieurs ballons d'hydro-accumulation raccordés en série et production d'ECS en bain marie



La chaudière bûches est raccordée à deux ballons d'hydro-accumulation en série, est équipée d'un système de recyclage avec régulation, d'un circuit de chauffage et d'un bain marie.

Une vanne trois voies thermostatique entre les deux ballons, sur les retours, peut être mise en œuvre. De cette manière, on ne remplit qu'un ballon à la fois. Le montage des ballons en série permet d'avoir une priorité ECS, en ne chauffant qu'une faible partie du ballon. Le retard pour le chauffage de bâtiment est donc faible. On conserve une priorité sur l'ECS grâce au piquage décalé du départ du circuit de chauffage du premier ballon.

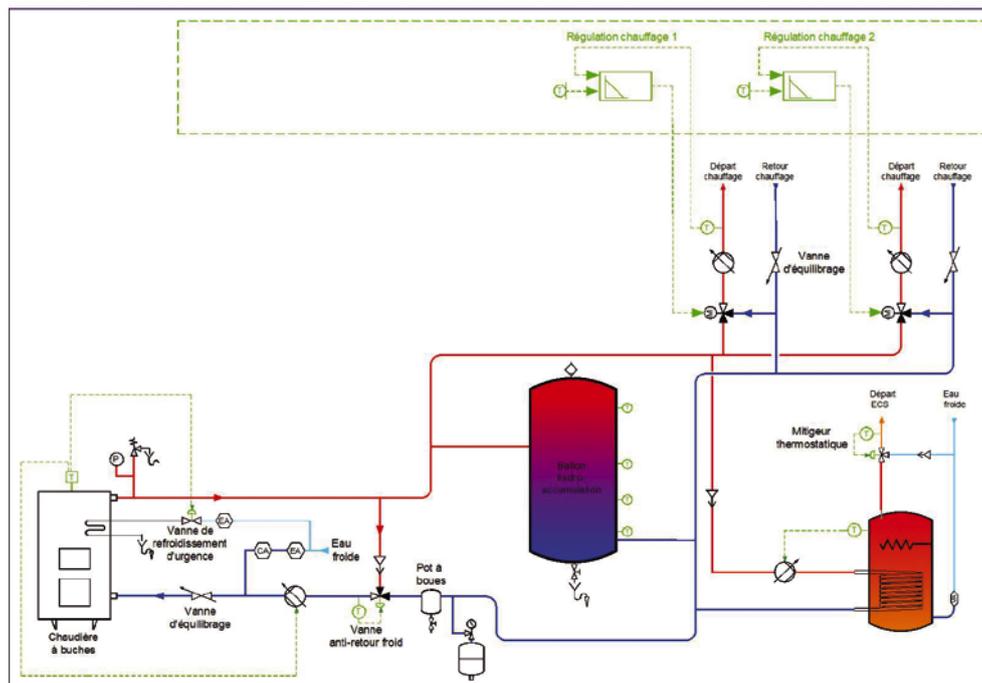
Schéma 21 : Chaudière manuelle à bûches avec plusieurs ballons d'hydro-accumulation raccordés en parallèle et production d'ECS en bain marie



La chaudière bûches est raccordée à deux ballons d'hydro-accumulation en parallèle et est équipée d'un système de recyclage avec régulation, d'un circuit de chauffage et d'un bain marie.

Il n'y a pas de priorité sur l'eau chaude sanitaire. Le montage des ballons en parallèle implique un équilibrage de ces derniers. On conserve un décalage du départ du circuit de chauffage du ballon équipé du bain marie. Ainsi lors de la décharge des ballons, on conserve une réserve d'eau chaude dans le ballon pour ne pas refroidir l'ECS au profit du chauffage. Le retard pour le chauffage de bâtiment est plus important que pour la solution précédente.

Schéma 22 : Chaudière manuelle à bûches avec un ballon d'hydro-accumulation 2 piquages et production d'ECS séparée



La chaudière bûches est raccordée à un ballon d'hydro-accumulation 2 piquages et est équipée d'un système de recyclage avec régulation, de deux circuits de chauffage et d'une production d'ECS séparée.

Le ballon ECS peut utiliser l'eau chaude produite par la chaudière ou stockée dans le ballon pour se chauffer. Une régulation permettant de comparer la température de l'eau de chauffage à celle de l'ECS permettra de ne pas refroidir l'ECS dans certains cas.

< AVEZ-VOUS CHOISI LE BON SCHÉMA ?

- L'installation assure la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire.
- La chaudière suffit à chauffer la maison.
- La chaudière assure la couverture des besoins d'ECS toute l'année
- La chaudière assure la couverture des besoins d'ECS en période de chauffage et le ballon d'hydro-accumulation est équipé d'une résistance électrique permettant d'assurer la production d'eau chaude sanitaire en été.
- L'installation du ballon d'hydro-accumulation est envisageable.
- Le réseau de chauffage fonctionne de préférence à basse température.

< LES SPÉCIFICITÉS À RESPECTER

- Le raccordement hydraulique des chaudières bois bûches est conforme aux prescriptions de la NF DTU 65.11 – Dispositifs de sécurité des installations de chauffage central concernant le bâtiment.

- Les critères de conception de l'installation sont conformes à la NF EN 12828.
- Les chaudières bois bûches sont conçues conformément à la NF EN 303.5 (puissance inférieure à 500 kW) et NF EN 12809 (chaudière de puissance inférieure à 50 kW destinée à être installée dans le volume habitable). La NF EN 303.5 définit cinq classes (1 à 5) de matériels en fonction de leurs performances.
- Les chaudières fonctionnant sur vase ouvert (à pression hydraulique inférieure à 2 bars) sont conçues selon la NF EN 12809.
- Installation d'un ballon d'hydro-accumulation.
- La puissance de la chaudière bois doit être choisie largement supérieure aux déperditions. L'autonomie d'une nuit complète en pleine période de chauffe doit être assurée.

Les types de chaudières à privilégier :

- ce schéma convient pour tout type de chaudières bois bûches

< PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ET DE LA RÉGULATION

La régulation d'une chaudière à bûches est un point primordial de sécurité comme de confort. Le régulateur usuel comprend les actions suivantes :

- actionnement d'une vanne de mélange pour permettre un retour à la chaudière à température supérieure à 65°C ;
- actionnement en cas de surchauffe (température d'eau supérieure à 95°C) de la vanne permettant l'arrivée d'eau froide dans un échangeur de sécurité. Cette action comprend l'activation d'une alarme pour informer l'utilisateur (conformément au NF DTU 65.11).

En hydro-accumulation, pour que le stockage d'énergie soit efficace, on régule à partir de 80°C. Le régime d'eau de la chaudière peut être considéré avec une différence de température de l'ordre de 15 K à 20 K (soit un départ à 80°C pour un retour de 65°C à 60°C). Se référer à la notice fabricant.

! Seule l'installation avec ballon d'hydro-accumulation permet l'installation d'une régulation de chauffage sur une chaudière à bois bûches.

La température au départ de la chaudière est :

- sans hydro-accumulation et pour limiter les pertes thermiques : à partir de 70°C ;
- avec hydro-accumulation, pour que le stockage d'énergie soit efficace : à partir de 80°C.

La conduite de la combustion d'une chaudière bois bûches est difficile. L'installation, les conditions de fonctionnement, les souhaits de l'utilisateur sont différents pour chaque application.

Lorsque les thermomètres placés sur le ou les ballons indiquent tous une température supérieure à 80°C, c'est que les ballons sont chargés en énergie. Dans ce cas il ne faut surtout pas recharger la chaudière. Recharger la chaudière lorsque la température dans les ballons risque d'être trop faible pour couvrir les besoins (30 à 40°C en haut des ballons si on est en chauffage basse ou haute température). La combustion est facilitée (mieux ordonnée, homogène) lorsque le bois est rangé de façon ordonnée dans le foyer.

■ COMMENTAIRE

Précautions à prendre avec une installation sans hydro-accumulation : il ne faut pas charger excessivement la chaudière (surtout en demi-saison : si avec un gros chargement l'autonomie augmente, on crée surtout d'importantes phases de ralenti

et on diminue fortement la durée de vie de la chaudière). En mi-saison, la quantité de bois chargée dans le foyer doit donc dépendre de la température extérieure (risque de surchauffe, ou de fonctionnement au ralenti pouvant entraîner une corrosion rapide). Ne pas recharger la chaudière avant que la charge précédente soit terminée, ne laissant qu'un lit de braise, qu'on réutilisera pour l'embrasement de la charge suivante.

Le ballon d'hydro-accumulation se place en dérivation entre l'appareil à bûches et le circuit de chauffage. Le ballon d'hydro-accumulation peut être à 2 ou 4 piquages.

Dans une configuration à 4 piquages, le ballon d'hydro-accumulation est raccordé au réseau primaire de production en vis-à-vis du réseau secondaire de distribution. Cette solution implique de toujours traverser le ballon d'hydro-accumulation pour alimenter les émetteurs. Le ballon assure le stockage des boues en point bas (pots à boues).

Dans une configuration à 2 piquages, la chaleur produite par la chaudière est directement utilisée et transmise au réseau secondaire. Pour limiter au maximum l'interaction entre les deux réseaux et assurer le découplage hydraulique, il convient de limiter la distance de piquage du té vers le ballon et d'augmenter le diamètre de la canalisation en ce point.

Le ballon d'hydro-accumulation doit être muni de 3 ou 4 thermomètres de contrôle de charge. Il faut éviter les turbulences dues aux entrées et sorties d'eau (effet de jet). Il peut être équipé d'une résistance électrique d'appoint immergée.

La production d'ECS peut être réalisée :

- par bain-marie dans le ballon d'hydro-accumulation. Dans ce cas la pose d'un mitigeur thermostatique est indispensable. Dans le cas de plusieurs ballons en série, placer le bain marie dans le premier ballon d'hydro-accumulation ;
- par un départ dédié en sortie du ballon d'hydro-accumulation avec un circulateur ECS permettant la charge d'un préparateur indépendant ;
- par un préparateur (instantané) avec un échangeur à plaques raccordé au départ du ballon d'hydro-accumulation sur deux piquages dédiés.

Une régulation en fonction de la température extérieure (régulation climatique) peut être mise en œuvre. Elle est indispensable pour la bonne gestion de la décharge du stockage d'énergie. Elle agit sur la vanne à trois voies au départ du circuit de chauffage et règle la température d'eau alimentant le circuit de chauffage en fonction de la température extérieure.

! Pas de vanne à 4 voies en aval du ballon d'hydro-accumulation.
■ Une destratification du ballon d'hydro-accumulation a lieu dès lors que le réseau de chauffage en faible demande (circulation par thermosiphon).

Le circulateur du réseau de distribution doit être au moins activé par un aquastat placé dans le ballon d'hydro-accumulation (en partie haute) ou être activé en permanence ou un moyen équivalent pour assurer la dissipation de chaleur dans les émetteurs de chaleur.

Pour des planchers chauffants, un circulateur à vitesse variable est installé pour limiter les consommations électriques et les bruits. Un régulateur avec une sonde extérieure permet d'adapter la température de départ d'eau chaude en fonction de la rigueur du climat. Un thermostat de sécurité 55° évite les surchauffes.

COMMENTAIRE

Si on installe une hydro-accumulation, et pour pouvoir utiliser au maximum le stockage d'énergie, on optera pour un système d'émission à basse température et un plancher chauffant.

Pour des circuits de radiateurs, Un circulateur à vitesse variable est installé pour limiter les consommations électriques et les bruits. Un régulateur avec une sonde extérieure permet d'adapter la température de départ d'eau chaude en fonction de la rigueur du climat.

COMMENTAIRE

Sans hydro-accumulation, pour assurer les retours chauds, les émetteurs sont des émetteurs à haute température.

Pour augmenter le confort, et lisser un peu les variations de températures dues au fonctionnement sans hydro-accumulation, on optera pour des émetteurs à forte inertie (radiateurs fonte par exemple).

L'installation de robinets thermostatiques est imposée sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

! Sans hydro-accumulation, il est recommandé de laisser deux radiateurs sans régulation thermostatique pour pouvoir évacuer un surplus éventuel de chaleur (les radiateurs de la salle d'eau par exemple).

< ACCESSOIRES HYDRAULIQUES OBLIGATOIRES OU CONSEILLÉS**Vanne mélangeuse anti-retour froid**

Pour éviter la condensation humide et acide dans la chaudière bois, la température de retour d'eau doit être supérieure au point de rosée des fumées bois. Il est impératif d'assurer des retours chauds à l'appareil (supérieurs à 60°C) en installant une vanne à trois voies thermostatique (régule le débit d'eau de recyclage de façon à assurer des retours supérieurs à 60°C) ou électromécanique (une sonde de température sur le retour bouilleur pilote le moteur de la vanne à trois voies). La voie commune de la vanne trois voies est installée à l'aspiration du circulateur.

Le dispositif anti-retour froid peut être directement intégré dans l'appareil (bipasse ou vanne de mélange) avec un circulateur intégré. Il convient de se référer aux prescriptions du fabricant et à sa condition de garantie.

Vase d'expansion

Il doit être installé un vase d'expansion, ouvert ou fermé.

Les appareils fonctionnant sur vase ouvert ne dépassent en général pas des pressions d'eau de 2 bars conformément à la norme NF EN 12809 de fabrication. Le vase ouvert permet une évacuation immédiate de la vapeur produite par la chaudière en surchauffe sans aucun appareillage supplémentaire, et directement à l'air libre. Néanmoins, il présente des inconvénients importants. Il demande la mise en place de celui-ci sur le point haut de l'installation (usuellement dans les combles). Une protection contre le gel doit être prévue. De plus la communication avec l'atmosphère entraîne un phénomène d'oxydation dans le réseau d'eau qui produit des boues obturant et détériorant les réseaux métalliques à moyen et long terme.

Un vase d'expansion fermé à pression variable est de préférence mis en œuvre pour assurer une protection contre les variations de pression dans le circuit hydraulique dues à la montée en température du système. Il doit être positionné de préférence en amont de la chaudière et en amont du circulateur. Il nécessite l'ajout d'une soupape de sécurité et d'un serpentin de décharge thermique.

Soupape de sécurité

La soupape de sécurité de surpression, généralement tarée à 3 bar, est obligatoire pour les installations en réseau d'eau fermé. Si la chaudière n'est pas équipée d'usine d'une soupape de sécurité, cet élément doit être installé. La soupape est conforme à la norme NF P 52-001. La mise en place de la soupape est associée à un manomètre permettant de surveiller la pression de l'installation et si besoin effectuer un appoint d'eau.

! Le montage de la soupape est fait à un endroit accessible. Son raccordement s'effectue à proximité immédiate sur le départ de la chaudière. Aucun dispositif d'isolement n'est prévu entre la soupape et la chaudière.

Refroidissement d'urgence

Conformément à la norme NF DTU 65.11 P1-1, la chaudière doit disposer d'un dispositif de refroidissement actionné par un aquastat limiteur de sécurité taré à environ 95°C (positionné en sortie du circuit d'eau chaude) afin d'empêcher une élévation de température supérieure à 105°C. Le limiteur de température de sécurité (aquastat) doit être conforme à la norme NF EN 60730-2-9. Ce dispositif de sécurité se traduit dans son ensemble soit par :

- un échangeur intégré à la chaudière (indépendant du réseau d'eau de chauffage). Il est relié sur le réseau d'eau public et disposant une vanne thermostatique normalement fermée et actionnée par limiteur de température de sécurité (95°C) ;
- une double vanne thermostatique normalement fermée et actionnée par le limiteur de température de sécurité (95°C). Elle est reliée en entrée et en sortie de la chaudière. Ce dispositif nécessite un clapet anti retour pour éviter que l'eau froide ne se dirige vers le circuit de chauffage.

Le dispositif doit actionner un appareil d'alarme lumineux ou sonore en cas de détection de surchauffe permettant d'informer l'utilisateur d'un dysfonctionnement.

L'actionnement de la sécurité de surchauffe est réalisé de préférence par un moyen thermostatique. Dans le cas d'une sécurité électrique, l'électrovanne doit être normalement ouverte mais risque de provoquer des déclenchements intempestifs d'alarme en cas de coupure de courant.

Disconnecteur sur le réseau d'alimentation en eau

L'installation de chauffage doit être équipée de dispositifs capables de remplir l'installation et d'ajuster le niveau d'eau. La réglementation impose d'installer un disconnecteur de type CA ou BA sur une installation de puissance inférieure à 70 kW raccordée au réseau d'eau potable, selon le fluide caloporteur utilisé. Un ensemble de protection EA, composé d'un clapet de non-retour anti-pollution contrôlable associé à une vanne placée en amont, doit être prévu en complément à une distance inférieure à 3 m du point de piquage.

Circulateur

Il permet la circulation de l'eau dans la boucle primaire de la chaudière. Il est commandé par le régulateur/comparateur de l'aquastat du circuit primaire alimentant la chaudière afin de fournir une température suffisante en sortie d'appareil (exemple : 80°C). Le circulateur doit être placé sur le retour de l'installation, où la température est moins chaude, et doit pouvoir résister aux températures de fonctionnement ainsi qu'aux pressions de l'installation.

Robinet de vidange

Le circuit hydraulique dispose d'un robinet de vidange installé au point bas de l'installation.

Purgeur d'air

L'installation doit comporter un purgeur situé au point haut du réseau. Il est également conseillé d'équiper le ballon d'hydro-accumulation. Le purgeur automatique doit être associé à une vanne d'isolement.

Pot de décantation et filtre à tamis

L'installation d'un pot de décantation et d'un filtre à tamis est fortement conseillée en amont de la chaudière, sur la canalisation de retour du réseau de chauffage, pour la protéger de l'embouage et préserver un échange thermique optimal.

Le filtre à tamis doit être d'un diamètre au moins égal au diamètre du circuit. L'installation d'un robinet de vidange est conseillée en bas du ballon d'hydro-accumulation pour permettre d'évacuer les dépôts.

Vanne d'équilibrage

Une vanne d'équilibrage, traditionnellement placée en série avec le circulateur, permet d'ajuster le point de fonctionnement du circulateur à vitesse constante afin que le débit soit conforme à celui spécifié par le fabricant de la chaudière.

Dans le cas d'un circulateur à vitesse variable, elle peut être maintenue pour une lecture de débit (si modèle à mesure de débit).

Dans le cas d'un réseau de planchers chauffants, des vannes d'équilibrage doivent être installées sur chaque boucle (au niveau du distributeur ou du collecteur).

Thermostat de sécurité sur le départ du plancher chauffant

La mise en place d'un thermostat de sécurité sur le départ des planchers chauffants est obligatoire. Il doit être à réarmement manuel, indépendant de la régulation et fonctionnant mécaniquement, sans alimentation électrique. Il doit couper la fourniture de chaleur pour que la température dans le plancher chauffant ne dépasse pas 55°C.

En cas de dépassement de température, il doit mettre à l'arrêt l'appareil bois ainsi que le circulateur.

Robinets thermostatiques

Ils équipent les radiateurs. On rappelle qu'ils sont obligatoires sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

La soupape de pression différentielle représentée permet d'éviter le fonctionnement du circulateur à un point trop élevé sur sa caractéristique et les nuisances sonores induites lorsque les robinets thermostatiques se ferment. Dans ce cas, elle s'ouvre sous l'effet de l'augmentation de pression différentielle. Elle doit être réglée à la hauteur manométrique du point de fonctionnement nominal du circulateur.

< CONSEILS DE DIMENSIONNEMENT DES PRINCIPAUX ÉQUIPEMENTS HYDRAULIQUES

Ballon d'hydro-accumulation

Pour que la chaudière à bûches fonctionne toujours à sa puissance nominale, même quand la demande est très faible, le volume du ballon doit être capable d'absorber une charge complète de l'appareil à bûches. Le ratio de la hauteur sur le diamètre du ballon doit être compris entre 1,5 et 3 pour une meilleure utilisation de la stratification.

Le volume du ballon d'hydro-accumulation se détermine conformément à la formule suivante :

$$V = \frac{E_{\text{bois}}}{1.16. \Delta T}$$

- V : volume du ballon (m³) ;
- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- ΔT : différence de température entre le point le plus haut du ballon et le point le plus bas du ballon (K).

Détermination de la différence de température (ΔT)

La température de départ du bouilleur peut être considérée égale à 85°C. La différence de température ΔT est de :

- 20 K si on alimente un réseau de radiateurs haute température ;
- 45 K si on alimente un réseau de radiateurs basse température.

Pour limiter le volume du ballon d'hydro-accumulation, la capacité en eau de l'installation peut être retranchée au volume calculé. Les émetteurs régulés par des robinets thermostatiques ne doivent pas être considérés comme faisant partie du volume d'hydro-accumulation de l'installation.

Détermination de l'énergie libérée par une charge de bois (E_{bois})

Tous les constructeurs ne donnent pas l'énergie libérée par une charge de bois. On peut trouver : sa masse, sa durée de combustion, la capacité volumique de la chaudière.

- si le constructeur donne la masse d'une charge de bois M_{bois} :

$$E_{\text{bois}} = \eta \times M_{\text{bois}} \times PCI \times \text{ratio}_{\text{eau}}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge (kWh) ;
- M_{bois} : masse d'une charge de bois (kg) ;
- PCI : pouvoir calorifique inférieur estimé à 4 kWh/kg à 20 % d'humidité ;
- η : rendement de l'appareil à bûches ;
- ratio_{eau} : rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1)
- si le constructeur ne donne que la capacité de chargement de la chaudière V_{bois} :

$$E_{\text{bois}} = PCI \times \eta \times V_{\text{bois}} \times \text{ratio}_{\text{eau}}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- PCI : pouvoir calorifique inférieur estimé à 1600 kWh/m³ ;
- V_{bois} : volume du magasin (m³) ;
- ratio_{eau} : rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1)
- si le constructeur donne la durée de combustion d'une charge H_c :

$$E_{\text{bois}} = H_c \times P_{\text{nom}} \times \text{ratio}_{\text{eau}}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- H_c : durée de combustion d'une charge de bois à puissance nominale (h) ;
- P_{nom} : puissance nominale de l'appareil (kW) ;
- $\text{ratio}_{\text{eau}}$: rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1).

! La capacité du ballon d'hydro-accumulation peut être recommandée par le fabricant. Un ratio compris entre 40 et 60 litres par kW de puissance sur l'eau du bouilleur est généralement préconisé.

Préparateur d'eau chaude sanitaire

L'objectif du dimensionnement consiste à choisir la puissance et le volume du ballon éventuel capables de faire face à la demande de débit prévisible la plus élevée, avec une insatisfaction suffisamment rare pour qu'elle soit acceptable.

Soupape de sécurité de surpression

La soupape de sécurité est dimensionnée pour répondre à la pression totale développée dans l'installation à proximité du générateur. Elle doit s'ouvrir à une pression correspondant à la pression maximale d'utilisation de l'installation et doit pouvoir empêcher tout dépassement de cette pression supérieur à 10 %.

En général les soupapes sont tarées à 3 bar. Attention toutefois à vérifier si cette pression est la pression maximale d'utilisation du bouilleur précisée par le fabricant.

Vase d'expansion fermé :

Le dimensionnement du vase d'expansion s'effectue conformément au NF DTU 65.11. Il consiste à déterminer sa pression de gonflage ainsi que sa capacité.

La pression de gonflage du vase doit être supérieure à la pression statique de l'installation de façon à ce que, à froid, l'eau n'entre pas dans le vase et que le volume soit maximal pour absorber la dilatation de l'eau. Elle est exprimée en bar et doit correspondre à la pression statique de l'installation arrondie au 0.5 bar supérieur.

La capacité du vase doit être telle qu'elle puisse recueillir le volume d'expansion de l'installation en considérant le volume du ballon d'hydro-accumulation.

Tableau 8 : Capacité du vase, pour une pression de tarage de soupape de 3 bars, en fonction du volume d'eau d'une installation à basse température (45°C) et de la hauteur statique

CONTENANCE MAXIMALE DE L'INSTALLATION (l)	CAPACITÉ DU VASE D'EXPANSION EN LITRES POUR UNE HAUTEUR STATIQUE JUSQU'À		
	5 m	10 m	15 m
200	15	19	28
300	22	29	43
400	30	39	57
500	37	48	71
600	45	58	85
700	52	68	100
800	60	77	114
900	67	87	128
1 000	75	97	142
1 250	93	121	178
1 500	112	145	213
1 750	131	169	249
2 000	149	193	285

Vase d'expansion ouvert

Le dimensionnement du vase s'effectue conformément au NF DTU 65.11 :

- Vutile > 20 % de la contenance de l'installation ;
- Dn1 > 20 mm intérieur et $15 + \sqrt{P_n}$ avec P_n la puissance du bouilleur ;
- Dn2 > 22 mm intérieur et $15 + 1,4 \sqrt{P_n}$ avec P_n la puissance du bouilleur ;
- Dn3 = Dn1 ;
- h > Hauteur nécessaire à la pression de service (généralement H > 5 m).

Circulateurs de chauffage

Le débit du circulateur est calculé pour la puissance du circuit de chauffage et pour la chute de température choisie sur le circuit. Sa hauteur manométrique du circulateur est égale à la somme des pertes du circuit de distribution, des pertes de charge de la production et des pertes de charge de la vanne de régulation à pleine ouverture.

Vanne de régulation du circuit de chauffage

Pour assurer une autorité suffisante, de l'ordre de 0,5, la vanne de régulation doit être choisie avec une perte de charge au moins équivalente à la perte de charge de la production.

Réseau de chauffage

Sans ballon d'hydro-accumulation et pour éviter toute problématique de dissipation de chaleur, on recommande de disposer d'au moins 50 % de puissance en radiateurs disponible sans robinet thermostatique. Une limite haute de puissance est également conseillée pour éviter des retours d'eau à température trop froide (voir préconisations du fabricant le cas échéant).

08

SCHEMA 6 : CHAUDIÈRE À BÛCHES POUR UNE PRODUCTION DE CHAUFFAGE AVEC CHAUDIÈRE EN RELÈVE

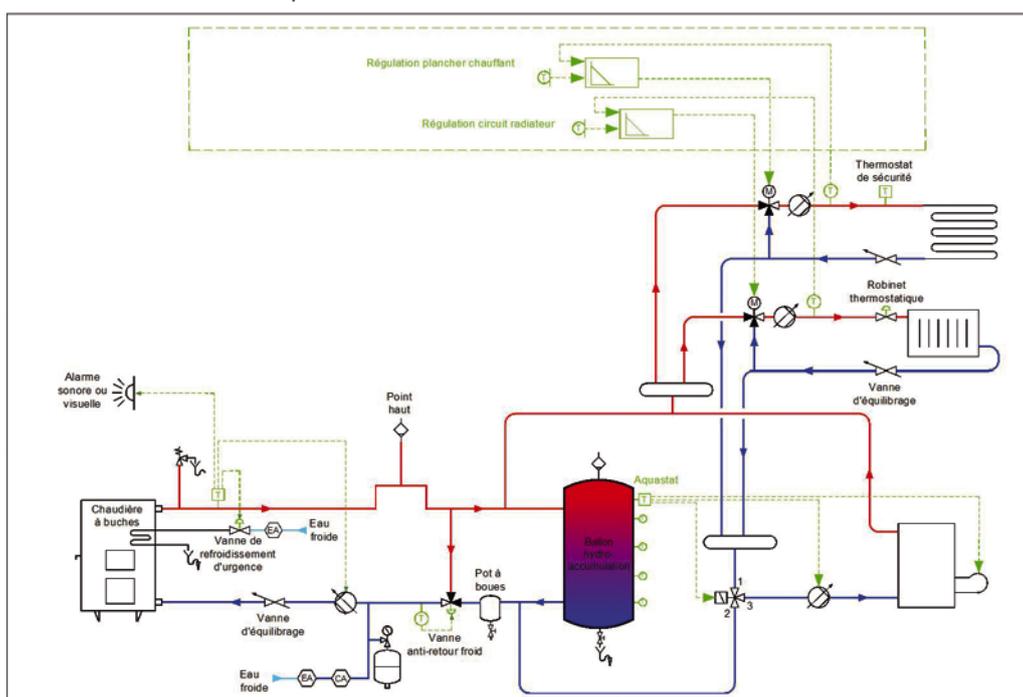


Ce schéma comporte une chaudière à bûches qui alimente un circuit de chauffage (radiateurs ou plancher). Il intègre un ballon d'hydro-accumulation et une chaudière en relèvement.

COMMENTAIRE

Une production d'ECS, par bain marie ou préparateur indépendant, peut être associée simplement : voir Fiche n°5)

Schéma 23 : Chaudière manuelle à bûches avec un ballon d'hydro-accumulation en série et chaudière en relèvement



La chaudière bûches est raccordée à un ballon d'hydro-accumulation à 2 piquages. Elle est équipée d'un système de recyclage avec régulation et d'un collecteur avec deux circuits de chauffage. Une chaudière est branchée en direct sur le collecteur chauffage.

Les besoins de chauffage sont en partie couverts par la chaudière à bûches et le ballon d'hydro-accumulation. Lorsque l'énergie apportée par le bois est insuffisante, la chaudière d'appoint prend la relève. Cette inversion chaudière est réalisée à l'aide d'une vanne directionnelle sur les retours chauffage, elle-même pilotée en regard de la température du ballon d'hydro-accumulation.

< AVEZ-VOUS CHOISI LE BON SCHÉMA ?

- L'installation bois et appoint assure la production de chauffage.
- La chaudière bois couvre une partie des besoins de chauffage.
- Une chaudière d'appoint assure la relève de la chaudière bûches pour couvrir la totalité des besoins de chauffage.
- L'installation du ballon d'hydro-accumulation est envisageable.
- Le réseau de chauffage fonctionne de préférence à basse température.

< LES SPÉCIFICITÉS À RESPECTER

- Le raccordement hydraulique des chaudières bois bûches est conforme aux prescriptions de la NF DTU 65.11 – Dispositifs de sécurité des installations de chauffage central concernant le bâtiment.
- Les critères de conception de l'installation sont conformes à la NF EN 12828.
- Les chaudières bois bûches sont conçues conformément à la NF EN 303.5 (puissance inférieure à 500 kW) et NF EN 12809 (chaudière de puissance inférieure à 50 kW destinée à être installée dans le volume habitable). La NF EN 303.5 définit cinq classes (1 à 5) de matériels en fonction de leurs performances.
- Les chaudières fonctionnant sur vase ouvert (à pression hydraulique inférieure à 2 bar) sont conçues selon la NF EN 12809.
- Installation d'un ballon d'hydro-accumulation.
- La puissance de la chaudière bois doit être choisie largement supérieure aux déperditions. L'autonomie d'une nuit complète en pleine période de chauffe doit être assurée.

Les types de chaudières à privilégier :

- ce schéma convient pour tout type de chaudières bois bûches.

< PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ET DE LA RÉGULATION

La régulation d'une chaudière à bûches est un point primordial de sécurité comme de confort. Le régulateur usuel comprend les actions suivantes :

- actionnement d'une vanne de mélange pour permettre un retour à la chaudière à température supérieure à 65°C ;
- actionnement en cas de surchauffe (température d'eau supérieure à 95°C) de la vanne permettant l'arrivée d'eau froide dans un échangeur de sécurité. Cette action comprend l'activation d'une alarme pour informer l'utilisateur (conformément au NF DTU 65.11).

En hydro-accumulation, pour que le stockage d'énergie soit efficace, on régule à partir de 80°C. Le régime d'eau de la chaudière peut être considéré avec une différence de température de l'ordre de 15 K à 20 K (soit un départ à 80°C pour un retour de 65°C à 60°C). Se référer à la notice fabricant.

! Seule l'installation avec ballon d'hydro-accumulation permet l'installation d'une régulation de chauffage sur une chaudière à bois bûches.

La température au départ de la chaudière est :

- sans hydro-accumulation et pour limiter les pertes thermiques : à partir de 70°C ;
- avec hydro-accumulation, pour que le stockage d'énergie soit efficace : à partir de 80°C.

La conduite de la combustion d'une chaudière bois bûches est difficile. L'installation, les conditions de fonctionnement, les souhaits de l'utilisateur sont différents pour chaque application.

Lorsque les thermomètres placés sur le ou les ballons indiquent tous une température supérieure à 80°C, c'est que les ballons sont chargés en énergie. Dans ce cas il ne faut surtout pas recharger la chaudière. Recharger la chaudière lorsque la température dans les ballons risque d'être trop faible pour couvrir les besoins (30 à 40°C en haut des ballons si on est en chauffage basse ou haute température). La combustion est facilitée (mieux ordonnée, homogène) lorsque le bois est rangé de façon ordonnée dans le foyer.

COMMENTAIRE

Précautions à prendre avec une installation sans hydro-accumulation : il ne faut pas charger excessivement la chaudière (surtout en demi-saison : si avec un gros chargement l'autonomie augmente, on crée surtout d'importantes phases de ralenti et on diminue fortement la durée de vie de la chaudière). En mi-saison, la quantité de bois chargée dans le foyer doit donc dépendre de la température extérieure (risque de surchauffe, ou de fonctionnement au ralenti pouvant entraîner une corrosion rapide). Ne pas recharger la chaudière avant que la charge précédente soit terminée, ne laissant qu'un lit de braise, qu'on réutilisera pour l'embrasement de la charge suivante.

Le ballon d'hydro-accumulation se place en dérivation entre l'appareil à bûches et le circuit de chauffage. Le ballon d'hydro-accumulation peut être à 2 ou 4 piquages.

Dans une configuration à 4 piquages, le ballon d'hydro-accumulation est raccordé au réseau primaire de production en vis-à-vis du réseau secondaire de distribution. Cette solution implique de toujours traverser le ballon d'hydro-accumulation pour alimenter les émetteurs. Le ballon assure le stockage des boues en point bas (pots à boues).

Dans une configuration à 2 piquages, la chaleur produite par la chaudière est directement utilisée et transmise au réseau secondaire. Pour limiter au maximum l'interaction entre les deux réseaux et assurer le découplage hydraulique, il convient de limiter la distance de piquage du té vers le ballon et d'augmenter le diamètre de la canalisation en ce point.

Le ballon d'hydro-accumulation doit être muni de 3 ou 4 thermomètres de contrôle de charge. Il faut éviter les turbulences dues aux entrées et sorties d'eau (effet de jet). Il peut être équipé d'une résistance électrique d'appoint immergée.

La relève de la chaudière bûches par la chaudière d'appoint est pilotée en regard de la température dans le ballon d'hydro-accumulation. Une vanne directionnelle sur les retours chauffage inverse le fonctionnement des chaudières dès lors que la température dans le ballon d'hydro-accumulation est trop faible, environ 50°C (fonction des émetteurs).

La chaudière d'appoint ne chauffe pas le ballon d'hydro-accumulation.

Le fonctionnement de l'installation est le suivant. Lorsque l'installation est en demande de chauffage et lorsque l'énergie disponible dans le ballon d'hydro-accumulation est suffisante (température en haut de ballon supérieure à 50°C) :

- mise en marche du circulateur de chauffage ;
- la voie 3 de la V3V directionnelle est fermée ;
- le passage se fait voies 1 et 2 ;
- le réseau de radiateurs est directement alimenté par l'énergie contenue dans le ballon d'hydro-accumulation.

Lorsque l'installation est en demande de chauffage et lorsque l'énergie disponible dans le ballon d'hydro-accumulation est insuffisante (température en haut de ballon inférieure à 50°C) :

- arrêt du circulateur de chauffage ;
- la voie 2 de la V3V directionnelle est fermée ;
- le passage se fait voies 1 et 3 ;
- le réseau de radiateurs est directement alimenté par la chaudière ;
- la chaudière bois, si elle est rechargée, alimente le ballon d'hydro-accumulation.

Lorsque la chaudière est en veille, il ne sera pas possible de décharger le ballon d'hydro-accumulation de toute son énergie car la chaudière prendra alors le relais. Il est possible, lors des périodes où le client souhaite fonctionner uniquement au bois, de couper la chaudière et ainsi permettre au ballon de fonctionner à 100 % de sa capacité.

Une régulation en fonction de la température extérieure (régulation climatique) peut être mise en œuvre. Elle est indispensable pour la bonne gestion de la décharge du stockage d'énergie. Elle agit sur la vanne à trois voies au départ du circuit de chauffage et règle la température d'eau alimentant le circuit de chauffage en fonction de la température extérieure.

- **Pas de vanne à 4 voies en aval du ballon d'hydro-accumulation.**
- **Une destratification du ballon d'hydro-accumulation a lieu dès lors que le réseau de chauffage en faible demande (circulation par thermosiphon).**

Le circulateur du réseau de distribution doit être au moins activé par un aquastat placé dans le ballon d'hydro-accumulation (en partie haute) ou être activé en permanence ou un moyen équivalent pour assurer la dissipation de chaleur dans les émetteurs de chaleur.

Pour des planchers chauffants, un circulateur à vitesse variable est installé pour limiter les consommations électriques et les bruits. Un régulateur avec une sonde extérieure permet d'adapter la température de départ d'eau chaude en fonction de la rigueur du climat. Un thermostat de sécurité 55°C évite les surchauffes.

COMMENTAIRE

Si on installe une hydro-accumulation, et pour pouvoir utiliser au maximum le stockage d'énergie, on optera pour un système d'émission à basse température et un plancher chauffant.

Pour des circuits de radiateurs, Un circulateur à vitesse variable est installé pour limiter les consommations électriques et les bruits. Un régulateur avec une sonde extérieure permet d'adapter la température de départ d'eau chaude en fonction de la rigueur du climat.

COMMENTAIRE

Sans hydro-accumulation, pour assurer les retours chauds, les émetteurs sont des émetteurs à haute température.

Pour augmenter le confort, et lisser un peu les variations de températures dues au fonctionnement sans hydro-accumulation, on optera pour des émetteurs à forte inertie (radiateurs fonte par exemple).

L'installation de robinets thermostatiques est imposée sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

! Sans hydro-accumulation, il est recommandé de laisser deux radiateurs sans régulation thermostatique pour pouvoir évacuer un surplus éventuel de chaleur (les radiateurs de la salle d'eau par exemple).

< ACCESSOIRES HYDRAULIQUES OBLIGATOIRES OU CONSEILLÉS

Vanne mélangeuse anti-retour froid

Pour éviter la condensation humide et acide dans la chaudière bois, la température de retour d'eau doit être supérieure au point de rosée des fumées bois. Il est impératif d'assurer des retours chauds à l'appareil (supérieurs à 60°C) en installant une vanne à trois voies thermostatique (régule le débit d'eau de recyclage de façon à assurer des retours supérieurs à 60°C) ou électromécanique (une sonde de température sur le retour bouilleur pilote le moteur de la vanne à trois voies). La voie commune de la vanne trois voies est installée à l'aspiration du circulateur.

Le dispositif anti-retour froid peut être directement intégré dans l'appareil (bipasse ou vanne de mélange) avec un circulateur intégré. Il convient de se référer aux prescriptions du fabricant et à sa condition de garantie.

Vase d'expansion

Il doit être installé un vase d'expansion, ouvert ou fermé.

Les appareils fonctionnant sur vase ouvert ne dépassent en général pas des pressions d'eau de 2 bars conformément à la norme NF EN 12809 de fabrication. Le vase ouvert permet une évacuation immédiate de la vapeur produite par la chaudière en surchauffe sans aucun appareillage supplémentaire, et directement à l'air libre. Néanmoins, il présente des inconvénients importants. Il demande la mise en place de celui-ci sur le point haut de l'installation (usuellement dans les combles). Une protection contre le gel doit être prévue. De plus la communication avec l'atmosphère entraîne un phénomène d'oxydation dans le réseau d'eau qui produit des boues obturant et détériorant les réseaux métalliques à moyen et long terme.

Un vase d'expansion fermé à pression variable est de préférence mis en œuvre pour assurer une protection contre les variations de pression dans le circuit hydraulique dues à la montée en température du système. Il doit être positionné de préférence en amont de la chaudière et en amont du circulateur. Il nécessite l'ajout d'une soupape de sécurité et d'un serpentin de décharge thermique.

Soupape de sécurité

La soupape de sécurité de surpression, généralement tarée à 3 bar, est obligatoire pour les installations en réseau d'eau fermé. Si la chaudière n'est pas équipée d'usine d'une soupape de sécurité, cet élément doit être installé. La soupape est conforme à la norme NF P 52-001. La mise en place de la soupape est associée à un manomètre permettant de surveiller la pression de l'installation et si besoin effectuer un appoint d'eau.

! Le montage de la soupape est fait à un endroit accessible. Son raccordement s'effectue à proximité immédiate sur le départ de la chaudière. Aucun dispositif d'isolement n'est prévu entre la soupape et la chaudière.

Refroidissement d'urgence

Conformément à la norme NF DTU 65.11 P1-1, la chaudière doit disposer d'un dispositif de refroidissement actionné par un aquastat limiteur de sécurité taré à environ 95°C (positionné en sortie du circuit d'eau chaude) afin d'empêcher une élévation de température supérieure à 105°C. Le limiteur de température de sécurité (aquastat) doit être conforme à la norme NF EN 60730-2-9. Ce dispositif de sécurité se traduit dans son ensemble soit par :

- un échangeur intégré à la chaudière (indépendant du réseau d'eau de chauffage). Il est relié sur le réseau d'eau public et disposant une vanne thermostatique normalement fermée et actionnée par limiteur de température de sécurité (95°C) ;
- une double vanne thermostatique normalement fermée et actionnée par le limiteur de température de sécurité (95°C). Elle est reliée en entrée et en sortie de la chaudière. Ce dispositif nécessite un clapet anti retour pour éviter que l'eau froide ne se dirige vers le circuit de chauffage.

Le dispositif doit actionner un appareil d'alarme lumineux ou sonore en cas de détection de surchauffe permettant d'informer l'utilisateur d'un dysfonctionnement.

L'actionnement de la sécurité de surchauffe est réalisé de préférence par un moyen thermostatique. Dans le cas d'une sécurité électrique, l'électrovanne doit être normalement ouverte mais risque de provoquer des déclenchements intempestifs d'alarme en cas de coupure de courant.

Disconnecteur sur le réseau d'alimentation en eau

L'installation de chauffage doit être équipée de dispositifs capables de remplir l'installation et d'ajuster le niveau d'eau. La réglementation impose d'installer un disconnecteur de type CA ou BA sur une installation de puissance inférieure à 70 kW raccordée au réseau d'eau potable, selon le fluide caloporteur utilisé. Un ensemble de protection EA, composé d'un clapet de non-retour anti-pollution contrôlable associé à une vanne placée en amont, doit être prévu en complément à une distance inférieure à 3 m du point de piquage.

Circulateur

Il permet la circulation de l'eau dans la boucle primaire de la chaudière. Il est commandé par le régulateur/comparateur de l'aquastat du circuit primaire alimentant la chaudière afin de fournir une température suffisante en sortie d'appareil (exemple : 80°C). Le circulateur doit être placé sur le retour de l'installation, où la température est moins chaude, et doit pouvoir résister aux températures de fonctionnement ainsi qu'aux pressions de l'installation.

Robinet de vidange

Le circuit hydraulique dispose d'un robinet de vidange installé au point bas de l'installation.

Purgeur d'air

L'installation doit comporter un purgeur situé au point haut du réseau. Il est également conseillé d'équiper le ballon d'hydro-accumulation. Le purgeur automatique doit être associé à une vanne d'isolement.

Pot de décantation et filtre à tamis

L'installation d'un pot de décantation et d'un filtre à tamis est fortement conseillée en amont de la chaudière, sur la canalisation de retour du réseau de chauffage, pour la protéger de l'embouage et préserver un échange thermique optimal.

Le filtre à tamis doit être d'un diamètre au moins égal au diamètre du circuit. L'installation d'un robinet de vidange est conseillée en bas du ballon d'hydro-accumulation pour permettre d'évacuer les dépôts.

Vanne d'équilibrage

Une vanne d'équilibrage, traditionnellement placée en série avec le circulateur, permet d'ajuster le point de fonctionnement du circulateur à vitesse constante afin que le débit soit conforme à celui spécifié par le fabricant de la chaudière.

Dans le cas d'un circulateur à vitesse variable, elle peut être maintenue pour une lecture de débit (si modèle à mesure de débit).

Dans le cas d'un réseau de planchers chauffants, des vannes d'équilibrage doivent être installées sur chaque boucle (au niveau du distributeur ou du collecteur).

Thermostat de sécurité sur le départ du plancher chauffant

La mise en place d'un thermostat de sécurité sur le départ des planchers chauffants est obligatoire. Il doit être à réarmement manuel, indépendant de la régulation et fonctionnant mécaniquement, sans alimentation électrique. Il doit couper la fourniture de chaleur pour que la température dans le plancher chauffant ne dépasse pas 55°C.

En cas de dépassement de température, il doit mettre à l'arrêt la l'appareil bois ainsi que le circulateur.

Robinets thermostatiques

Ils équipent les radiateurs. On rappelle qu'ils sont obligatoires sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

La soupape de pression différentielle représentée permet d'éviter le fonctionnement du circulateur à un point trop élevé sur sa caractéristique et les nuisances sonores induites lorsque les robinets thermostatiques se ferment. Dans ce cas, elle s'ouvre sous l'effet de l'augmentation de pression différentielle. Elle doit être réglée à la hauteur manométrique du point de fonctionnement nominal du circulateur.

< CONSEILS DE DIMENSIONNEMENT DES PRINCIPAUX ÉQUIPEMENTS HYDRAULIQUES

Ballon d'hydro-accumulation

Pour que la chaudière à bûches fonctionne toujours à sa puissance nominale, même quand la demande est très faible, le volume du ballon doit être capable d'absorber une charge complète de l'appareil à bûches. Le ratio de

la hauteur sur le diamètre du ballon doit être compris entre 1,5 et 3 pour une meilleure utilisation de la stratification.

Le volume du ballon d'hydro-accumulation se détermine conformément à la formule suivante :

$$V = \frac{E_{bois}}{1.16. \Delta T}$$

- V : volume du ballon (m³) ;
- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- ΔT : différence de température entre le point le plus haut du ballon et le point le plus bas du ballon (K).

Détermination de la différence de température (ΔT)

La température de départ du bouilleur peut être considérée égale à 85°C. La différence de température ΔT est de :

- 20 K si on alimente un réseau de radiateurs haute température ;
- 45 K si on alimente un réseau de radiateurs basse température.

Pour limiter le volume du ballon d'hydro-accumulation, la capacité en eau de l'installation peut être retranchée au volume calculé. Les émetteurs régulés par des robinets thermostatiques ne doivent pas être considérés comme faisant partie du volume d'hydro-accumulation de l'installation.

Détermination de l'énergie libérée par une charge de bois (E_{bois})

Tous les constructeurs ne donnent pas l'énergie libérée par une charge de bois. On peut trouver : sa masse, sa durée de combustion, la capacité volumique de la chaudière.

- si le constructeur donne la masse d'une charge de bois M_{bois} :

$$E_{bois} = \eta \times M_{bois} \times PCI \times ratio_{eau}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge (kWh) ;
- M_{bois} : masse d'une charge de bois (kg) ;
- PCI : pouvoir calorifique inférieur estimé à 4 kWh/kg à 20 % d'humidité ;
- η : rendement de l'appareil à bûches ;
- ratio_{eau} : rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1)
- si le constructeur ne donne que la capacité de chargement de la chaudière V_{bois} :

$$E_{bois} = PCI \times \eta \times V_{bois} \times ratio_{eau}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- PCI : pouvoir calorifique inférieur estimé à 1600 kWh/m³ ;
- V_{bois} : volume du magasin (m³) ;
- ratio_{eau} : rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1)
- si le constructeur donne la durée de combustion d'une charge H_c :

$$E_{bois} = H_c \times P_{nom} \times ratio_{eau}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- H_c : durée de combustion d'une charge de bois à puissance nominale (h) ;
- P_{nom} : puissance nominale de l'appareil (kW) ;
- ratio_{eau} : rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1).

! La capacité du ballon d'hydro-accumulation peut être recommandée par le fabricant. Un ratio compris entre 40 et 60 litres par kW de puissance sur l'eau du bouilleur est généralement préconisé.

Préparateur d'eau chaude sanitaire

L'objectif du dimensionnement consiste à choisir la puissance et le volume du ballon éventuel capables de faire face à la demande de débit prévisible la plus élevée, avec une insatisfaction suffisamment rare pour qu'elle soit acceptable.

Soupape de sécurité de surpression

La soupape de sécurité est dimensionnée pour répondre à la pression totale développée dans l'installation à proximité du générateur. Elle doit s'ouvrir à une pression correspondant à la pression maximale d'utilisation de l'installation et doit pouvoir empêcher tout dépassement de cette pression supérieur à 10 %.

En général les soupapes sont tarées à 3 bar. Attention toutefois à vérifier si cette pression est la pression maximale d'utilisation du bouilleur précisée par le fabricant.

Vase d'expansion fermé :

Le dimensionnement du vase d'expansion s'effectue conformément au NF DTU 65.11. Il consiste à déterminer sa pression de gonflage ainsi que sa capacité.

La pression de gonflage du vase doit être supérieure à la pression statique de l'installation de façon à ce que, à froid, l'eau n'entre pas dans le vase et que le volume soit maximal pour absorber la dilatation de l'eau. Elle est exprimée en bar et doit correspondre à la pression statique de l'installation arrondie au 0.5 bar supérieur.

La capacité du vase doit être telle qu'elle puisse recueillir le volume d'expansion de l'installation en considérant le volume du ballon d'hydro-accumulation.

Tableau 9 : Capacité du vase, pour une pression de tarage de soupape de 3 bars, en fonction du volume d'eau d'une installation à basse température (45°C) et de la hauteur statique

CONTENANCE MAXIMALE DE L'INSTALLATION (l)	CAPACITÉ DU VASE D'EXPANSION EN LITRES POUR UNE HAUTEUR STATIQUE JUSQU'À		
	5 m	10 m	15 m
200	15	19	28
300	22	29	43
400	30	39	57
500	37	48	71
600	45	58	85
700	52	68	100
800	60	77	114
900	67	87	128
1 000	75	97	142
1 250	93	121	178
1 500	112	145	213
1 750	131	169	249
2 000	149	193	285

Vase d'expansion ouvert

Le dimensionnement du vase s'effectue conformément au NF DTU 65.11 :

- $V_{utile} > 20 \%$ de la contenance de l'installation ;
- $Dn1 > 20$ mm intérieur et $15 + \sqrt{Pn}$ avec Pn la puissance du bouilleur ;
- $Dn2 > 22$ mm intérieur et $15 + 1,4 \sqrt{Pn}$ avec Pn la puissance du bouilleur ;
- $Dn3 = Dn1$;
- $h >$ Hauteur nécessaire à la pression de service (généralement $H > 5$ m).

Circulateurs de chauffage

Le débit du circulateur est calculé pour la puissance du circuit de chauffage et pour la chute de température choisie sur le circuit. Sa hauteur manométrique du circulateur est égale à la somme des pertes du circuit de distribution, des pertes de charge de la production et des pertes de charge de la vanne de régulation à pleine ouverture.

Vanne de régulation du circuit de chauffage

Pour assurer une autorité suffisante, de l'ordre de 0,5, la vanne de régulation doit être choisie avec une perte de charge au moins équivalente à la perte de charge de la production.

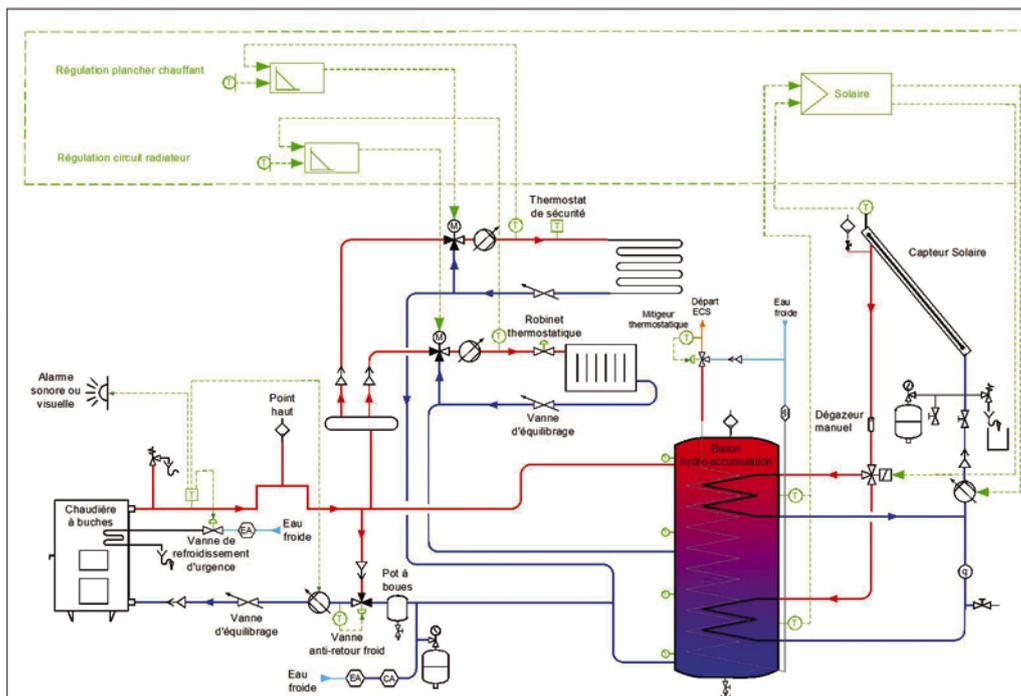
Réseau de chauffage

Sans ballon d'hydro-accumulation et pour éviter toute problématique de dissipation de chaleur, on recommande de disposer d'au moins 50 % de puissance en radiateurs disponible sans robinet thermostatique. Une limite haute de puissance est également conseillée pour éviter des retours d'eau à température trop froide (voir préconisations du fabricant le cas échéant).

SCHÉMA 7 : CHAUDIÈRE À BÛCHES COUPLÉE À UNE PRODUCTION SOLAIRE THERMIQUE

Ce schéma comporte une chaudière à bûches qui alimente deux circuits de chauffage (radiateurs et plancher) et un système de production d'ECS. Il intègre un ballon d'hydro-accumulation. Une production solaire vient compléter l'installation.

Schéma 24 : Chaudière manuelle à bûches avec un ballon d'hydro-accumulation 2 piquages, production d'ECS intégrée et production solaire



Le couplage entre le bois et le solaire permet notamment :

- de couvrir une majeure partie des besoins d'ECS en dehors de la saison de chauffe. L'installation d'une résistance électrique permettant de laisser la chaudière biomasse à l'arrêt toute la période de non chauffe (évite les rendements moins bons) est justifiée ;
- un préchauffage de l'eau de chauffage et de l'eau chaude sanitaire pendant la saison de chauffe ;

- de profiter du ballon d'hydro-accumulation comme stockage de l'énergie solaire.

Il est important de veiller à « laisser de la place » à l'énergie solaire et de ne pas chauffer la totalité de la contenance du ballon d'hydro-accumulation avant l'apparition du soleil.

ECS pseudo instantané, le solaire va d'abord chauffer le dessus du ballon pour s'assurer d'avoir de l'ECS même avec peu de soleil, puis la vanne 3 voies va permettre le chauffage de tout le ballon pour participer au chauffage. A noter le piquage arrivée et départ chaudière dans le ballon est situé au 2/3 de la hauteur ce qui laisse une réserve de chaleur pour l'ECS.

De nombreux fabricants proposent des solutions biénergie : bois bûche / solaire thermique. Ce choix se justifie surtout du fait de la disponibilité alternée des deux énergies en hiver et en été. Le solaire est à privilégier en été pour l'ECS et la chaudière en hiver pour le chauffage et l'ECS.

< AVEZ-VOUS CHOISI LE BON SCHEMA ?

- L'installation assure la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire.
- La chaudière bois suffit à chauffer la maison.
- La chaudière assure la couverture des besoins d'ECS en période de chauffage et le ballon d'hydro-accumulation est équipé d'une résistance électrique permettant d'assurer la production d'eau chaude sanitaire en été.
- L'installation du ballon d'hydro-accumulation est envisageable.
- Le réseau de chauffage fonctionne de préférence à basse température.
- La surface disponible pour la mise en place de capteurs solaires est suffisante : le ratio moyen de dimensionnement est de 1 m² de capteur solaire pour 1000 kWh de besoins annuels (chauffage et ECS).
- La surface disponible pour la mise en place de capteurs solaires est optimale (favoriser une forte inclinaison des capteurs, une orientation des capteurs de +/- 45° par rapport au sud, aucun obstacle venant pénaliser l'ensoleillement reçu par les capteurs).

< LES SPÉCIFICITÉS À RESPECTER

Pour le bois :

- Le raccordement hydraulique des chaudières bois bûches est conforme aux prescriptions de la NF DTU 65.11 – Dispositifs de sécurité des installations de chauffage central concernant le bâtiment.
- Les critères de conception de l'installation sont conformes à la NF EN 12828.
- Les chaudières bois bûches sont conçues conformément à la NF EN 303.5 (puissance inférieure à 500 kW) et NF EN 12809 (chaudière de puissance inférieure à 50 kW destinée à être installée dans le volume habitable). La NF EN 303.5 définit cinq classes (1 à 5) de matériels en fonction de leurs performances.
- Les chaudières fonctionnant sur vase ouvert (à pression hydraulique inférieure à 2 bar) sont conçues selon la NF EN 12809.
- Installation d'un ballon d'hydro-accumulation.
- La puissance de la chaudière bois doit être choisie largement supérieure aux déperditions. L'autonomie d'une nuit complète en pleine période de chauffe doit être assurée.

Les types de chaudières à privilégier :

- ce schéma convient pour tout type de chaudières bois bûches.

Pour le solaire :

- L'installation est conforme aux prescriptions de la NF DTU 65.12 – Réalisation d'installations solaires thermiques avec des capteurs vitrés.
- L'installation est conforme aux Recommandations Professionnelles couvrant les Systèmes Solaires Combinés en habitat individuel.
- Application des Eurocodes au domaine du solaire thermique – Cahier des Prescriptions Techniques communes.

Les types d'installation solaire à privilégier :

- Installation à capteurs remplis en permanence.
- Installation autovidangeable.

< PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ET DE LA RÉGULATION

La régulation d'une chaudière à bûches est un point primordial de sécurité comme de confort. Le régulateur usuel comprend les actions suivantes :

- actionnement d'une vanne de mélange pour permettre un retour à la chaudière à température supérieure à 65°C ;
- actionnement en cas de surchauffe (température d'eau supérieure à 95°C) de la vanne permettant l'arrivée d'eau froide dans un échangeur de sécurité. Cette action comprend l'activation d'une alarme pour informer l'utilisateur (conformément au NF DTU 65.11).

En hydro-accumulation, pour que le stockage d'énergie soit efficace, on régule à partir de 80°C. Le régime d'eau de la chaudière peut être considéré avec une différence de température de l'ordre de 15 K à 20 K (soit un départ à 80°C pour un retour de 65°C à 60°C). Se référer à la notice fabricant.

! Seule l'installation avec ballon d'hydro-accumulation permet l'installation d'une régulation de chauffage sur une chaudière à bois bûches.

La température au départ de la chaudière est de 80°C, pour que le stockage d'énergie soit efficace.

La conduite de la combustion d'une chaudière bois bûches est difficile. L'installation, les conditions de fonctionnement, les souhaits de l'utilisateur sont différents pour chaque application. Lorsque les thermomètres placés sur le ou les ballons indiquent tous une température supérieure à 80°C, c'est que les ballons sont chargés en énergie. Dans ce cas il ne faut surtout pas recharger la chaudière. Recharger la chaudière lorsque la température dans les ballons risque d'être trop faible pour couvrir les besoins (30 à 40 °C en haut des ballons si on est en chauffage basse ou haute température). La combustion est facilitée (mieux ordonnée, homogène) lorsque le bois est rangé de façon ordonnée dans le foyer.

Le ballon d'hydro-accumulation se place en dérivation entre l'appareil à bûches et le circuit de chauffage. Le ballon d'hydro-accumulation peut être à 2 ou 4 piquages.

Dans une configuration à 4 piquages, le ballon d'hydro-accumulation est raccordé au réseau primaire de production en vis-à-vis du réseau secondaire de distribution. Cette solution implique de toujours traverser le ballon d'hydro-accumulation pour alimenter les émetteurs. Le ballon assure le stockage des boues en point bas (pots à boues).

Dans une configuration à 2 piquages, la chaleur produite par la chaudière est directement utilisée et transmise au réseau secondaire. Pour limiter au maximum l'interaction entre les deux réseaux et assurer le découplage

hydraulique, il convient de limiter la distance de piquage du té vers le ballon et d'augmenter le diamètre de la canalisation en ce point.

Le ballon d'hydro-accumulation doit être muni de 3 ou 4 thermomètres de contrôle de charge. Il faut éviter les turbulences dues aux entrées et sorties d'eau (effet de jet). Il peut être équipé d'une résistance électrique d'appoint immergée.

La production d'ECS est immergée dans le ballon d'hydro-accumulation. Un appoint électrique peut être réalisé par des résistances électriques immergées dans le ballon, en cas d'arrêt prolongé de la chaudière bois. Le départ du circuit de chauffage est décalé vers le bas afin de laisser une réserve prioritaire à l'ECS.

La production solaire est pilotée en regard d'un différentiel de température : le dispositif de régulation commande le transfert de l'énergie solaire captée vers le ballon de stockage, seulement si la température du fluide caloporteur dans les capteurs est supérieure à celle de l'eau contenue dans le ballon d'hydro-accumulation. Une vanne à trois voies directionnelle permet de charger en priorité le haut du ballon (disponibilité du solaire pour l'ECS).

Une régulation en fonction de la température extérieure (régulation climatique) peut être mise en œuvre. Elle est indispensable pour la bonne gestion de la décharge du stockage d'énergie. Elle agit sur la vanne à trois voies au départ du circuit de chauffage et règle la température d'eau alimentant le circuit de chauffage en fonction de la température extérieure.

- ! **Pas de vanne à 4 voies en aval du ballon d'hydro-accumulation.**
- **Une destratification du ballon d'hydro-accumulation a lieu dès lors que le réseau de chauffage en faible demande (circulation par thermosiphon).**

Le circulateur du réseau de distribution doit être au moins activé par un aquastat placé dans le ballon d'hydro-accumulation (en partie haute) ou être activé en permanence ou un moyen équivalent pour assurer la dissipation de chaleur dans les émetteurs de chaleur.

Pour des planchers chauffants, un circulateur à vitesse variable est installé pour limiter les consommations électriques et les bruits. Un régulateur avec une sonde extérieure permet d'adapter la température de départ d'eau chaude en fonction de la rigueur du climat. Un thermostat de sécurité 55°C évite les surchauffes.

COMMENTAIRE

Si on installe une hydro-accumulation, et pour pouvoir utiliser au maximum le stockage d'énergie, on optera pour un système d'émission à basse température et un plancher chauffant.

Pour des circuits de radiateurs, Un circulateur à vitesse variable est installé pour limiter les consommations électriques et les bruits. Un régulateur avec une sonde extérieure permet d'adapter la température de départ d'eau chaude en fonction de la rigueur du climat.

COMMENTAIRE

Pour augmenter le confort, et lisser un peu les variations de températures dues au fonctionnement sans hydro-accumulation, on optera pour des émetteurs à forte inertie (radiateurs fonte par exemple).

L'installation de robinets thermostatiques est imposée sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

! Sans hydro-accumulation, il est recommandé de laisser deux radiateurs sans régulation thermostatique pour pouvoir évacuer un surplus éventuel de chaleur (les radiateurs de la salle d'eau par exemple).

< ACCESSOIRES HYDRAULIQUES OBLIGATOIRES OU CONSEILLÉS

■ COMMENTAIRE

Les accessoires hydrauliques obligatoires ou conseillés pour l'installation solaire sont précisés dans la schémathèque traitant des installations solaires en habitat individuel.

Vanne mélangeuse anti-retour froid

Pour éviter la condensation humide et acide dans la chaudière bois, la température de retour d'eau doit être supérieure au point de rosée des fumées bois. Il est impératif d'assurer des retours chauds à l'appareil (supérieurs à 60°C) en installant une vanne à trois voies thermostatique (régule le débit d'eau de recyclage de façon à assurer des retours supérieurs à 60°C) ou électromécanique (une sonde de température sur le retour bouilleur pilote le moteur de la vanne à trois voies). La voie commune de la vanne trois voies est installée à l'aspiration du circulateur. Le dispositif anti-retour froid peut être directement intégré dans l'appareil (bipasse ou vanne de mélange) avec un circulateur intégré. Il convient de se référer aux prescriptions du fabricant et à sa condition de garantie.

Vase d'expansion

Il doit être installé un vase d'expansion, ouvert ou fermé. Les appareils fonctionnant sur vase ouvert ne dépassent en général pas des pressions d'eau de 2 bars conformément à la norme NF EN 12809 de fabrication. Le vase ouvert permet une évacuation immédiate de la vapeur produite par la chaudière en surchauffe sans aucun appareillage supplémentaire, et directement à l'air libre. Néanmoins, il présente des inconvénients importants. Il demande la mise en place de celui-ci sur le point haut de l'installation (usuellement dans les combles). Une protection contre le gel doit être prévue. De plus la communication avec l'atmosphère entraîne un phénomène d'oxydation dans le réseau d'eau qui produit des boues obturant et détériorant les réseaux métalliques à moyen et long terme.

Un vase d'expansion fermé à pression variable est de préférence mis en œuvre pour assurer une protection contre les variations de pression dans le circuit hydraulique dues à la montée en température du système. Il doit être positionné de préférence en amont de la chaudière et en amont du circulateur. Il nécessite l'ajout d'une soupape de sécurité et d'un serpentin de décharge thermique.

Soupape de sécurité

La soupape de sécurité de surpression, généralement tarée à 3 bar, est obligatoire pour les installations en réseau d'eau fermé. Si la chaudière n'est pas équipée d'usine d'une soupape de sécurité, cet élément doit être installé. La soupape est conforme à la norme NF P 52-001. La mise en place de la soupape est associée à un manomètre permettant de surveiller la pression de l'installation et si besoin effectuer un appoint d'eau.

! Le montage de la soupape est fait à un endroit accessible. Son raccordement s'effectue à proximité immédiate sur le départ de la chaudière. Aucun dispositif d'isolement n'est prévu entre la soupape et la chaudière.

Refroidissement d'urgence

Conformément à la norme NF DTU 65.11 P1-1, la chaudière doit disposer d'un dispositif de refroidissement actionné par un aquastat limiteur de sécurité taré à environ 95°C (positionné en sortie du circuit d'eau chaude) afin d'empêcher une élévation de température supérieure à 105°C. Le limiteur de température de sécurité (aquastat) doit être conforme à la norme NF EN 60730-2-9. Ce dispositif de sécurité se traduit dans son ensemble soit par :

- un échangeur intégré à la chaudière (indépendant du réseau d'eau de chauffage). Il est relié sur le réseau d'eau public et disposant une vanne thermostatique normalement fermée et actionnée par limiteur de température de sécurité (95°C) ;
- une double vanne thermostatique normalement fermée et actionnée par le limiteur de température de sécurité (95°C). Elle est reliée en entrée et en sortie de la chaudière. Ce dispositif nécessite un clapet anti retour pour éviter que l'eau froide ne se dirige vers le circuit de chauffage.

Le dispositif doit actionner un appareil d'alarme lumineux ou sonore en cas de détection de surchauffe permettant d'informer l'utilisateur d'un dysfonctionnement.

L'actionnement de la sécurité de surchauffe est réalisé de préférence par un moyen thermostatique. Dans le cas d'une sécurité électrique, l'électrovanne doit être normalement ouverte mais risque de provoquer des déclenchements intempestifs d'alarme en cas de coupure de courant.

Disconnecteur sur le réseau d'alimentation en eau

L'installation de chauffage doit être équipée de dispositifs capables de remplir l'installation et d'ajuster le niveau d'eau. La réglementation impose d'installer un disconnecteur de type CA ou BA sur une installation de puissance inférieure à 70 kW raccordée au réseau d'eau potable, selon le fluide caloporteur utilisé. Un ensemble de protection EA, composé d'un clapet de non-retour anti-pollution contrôlable associé à une vanne placée en amont, doit être prévu en complément à une distance inférieure à 3 m du point de piquage.

Circulateur

Il permet la circulation de l'eau dans la boucle primaire de la chaudière. Il est commandé par le régulateur/comparateur de l'aquastat du circuit primaire alimentant la chaudière afin de fournir une température suffisante en sortie d'appareil (exemple : 80°C). Le circulateur doit être placé sur le retour de l'installation, où la température est moins chaude, et doit pouvoir résister aux températures de fonctionnement ainsi qu'aux pressions de l'installation.

Robinet de vidange

Le circuit hydraulique dispose d'un robinet de vidange installé au point bas de l'installation.

Purgeur d'air

L'installation doit comporter un purgeur situé au point haut du réseau. Il est également conseillé d'équiper le ballon d'hydro-accumulation. Le purgeur automatique doit être associé à une vanne d'isolement.

Pot de décantation et filtre à tamis

L'installation d'un pot de décantation et d'un filtre à tamis est fortement conseillée en amont de la chaudière, sur la canalisation de retour du réseau de chauffage, pour la protéger de l'embouage et préserver un échange thermique optimal.

Le filtre à tamis doit être d'un diamètre au moins égal au diamètre du circuit. L'installation d'un robinet de vidange est conseillée en bas du ballon d'hydro-accumulation pour permettre d'évacuer les dépôts.

Vanne d'équilibrage

Une vanne d'équilibrage, traditionnellement placée en série avec le circulateur, permet d'ajuster le point de fonctionnement du circulateur à vitesse constante afin que le débit soit conforme à celui spécifié par le fabricant de la chaudière.

Dans le cas d'un circulateur à vitesse variable, elle peut être maintenue pour une lecture de débit (si modèle à mesure de débit).

Dans le cas d'un réseau de planchers chauffants, des vannes d'équilibrage doivent être installées sur chaque boucle (au niveau du distributeur ou du collecteur).

Thermostat de sécurité sur le départ du plancher chauffant

La mise en place d'un thermostat de sécurité sur le départ des planchers chauffants est obligatoire. Il doit être à réarmement manuel, indépendant de la régulation et fonctionnant mécaniquement, sans alimentation électrique. Il doit couper la fourniture de chaleur pour que la température dans le plancher chauffant ne dépasse pas 55°C.

En cas de dépassement de température, il doit mettre à l'arrêt l'appareil bois et l'appoint électrique ainsi que le circulateur.

Robinets thermostatiques

Ils équipent les radiateurs. On rappelle qu'ils sont obligatoires sur les installations neuves en respect de la réglementation thermique.

La soupape de pression différentielle représentée permet d'éviter le fonctionnement du circulateur à un point trop élevé sur sa caractéristique et les nuisances sonores induites lorsque les robinets thermostatiques se ferment. Dans ce cas, elle s'ouvre sous l'effet de l'augmentation de pression différentielle. Elle doit être réglée à la hauteur manométrique du point de fonctionnement nominal du circulateur.

< CONSEILS DE DIMENSIONNEMENT DES PRINCIPAUX ÉQUIPEMENTS HYDRAULIQUES

■ COMMENTAIRE

Les principaux équipements hydrauliques de l'installation solaire sont dimensionnés conformément aux prescriptions de la schémathèque traitant des installations solaires en habitat individuel.

Ballon d'hydro-accumulation

Pour que la chaudière à bûches fonctionne toujours à sa puissance nominale, même quand la demande est très faible, le volume du ballon doit être capable d'absorber une charge complète de l'appareil à bûches. Le ratio de la hauteur sur le diamètre du ballon doit être compris entre 1,5 et 3 pour une meilleure utilisation de la stratification.

Le volume du ballon d'hydro-accumulation se détermine conformément à la formule suivante :

$$V = \frac{E_{bois}}{1.16. \Delta T}$$

- V : volume du ballon (m³) ;
- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- ΔT : différence de température entre le point le plus haut du ballon et le point le plus bas du ballon (K).

Détermination de la différence de température (ΔT)

La température de départ du bouilleur peut être considérée égale à 85°C. La différence de température ΔT est de :

- 20 K si on alimente un réseau de radiateurs haute température ;
- 45 K si on alimente un réseau de radiateurs basse température.

Pour limiter le volume du ballon d'hydro-accumulation, la capacité en eau de l'installation peut être retranchée au volume calculé. Les émetteurs régulés par des robinets thermostatiques ne doivent pas être considérés comme faisant partie du volume d'hydro-accumulation de l'installation.

Détermination de l'énergie libérée par une charge de bois (E_{bois})

Tous les constructeurs ne donnent pas l'énergie libérée par une charge de bois. On peut trouver : sa masse, sa durée de combustion, la capacité volumique de la chaudière.

- si le constructeur donne la masse d'une charge de bois M_{bois} :

$$E_{bois} = \eta \times M_{bois} \times PCI \times ratio_{eau}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge (kWh) ;
- M_{bois} : masse d'une charge de bois (kg) ;
- PCI : pouvoir calorifique inférieur estimé à 4 kWh/kg à 20 % d'humidité ;
- η : rendement de l'appareil à bûches ;
- ratio_{eau} : rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1)
- si le constructeur ne donne que la capacité de chargement de la chaudière V_{bois} :

$$E_{bois} = PCI \times \eta \times V_{bois} \times ratio_{eau}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- PCI : pouvoir calorifique inférieur estimé à 1600 kWh/m³ ;
- V_{bois} : volume du magasin (m³) ;
- ratio_{eau} : rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1)
- si le constructeur donne la durée de combustion d'une charge H_c :

$$E_{bois} = H_c \times P_{nom} \times ratio_{eau}$$

- E_{bois} : énergie libérée par une charge de bois (kWh) ;
- H_c : durée de combustion d'une charge de bois à puissance nominale (h) ;
- P_{nom} : puissance nominale de l'appareil (kW) ;
- ratio_{eau} : rapport entre la puissance sur l'eau du bouilleur et la puissance nominale de l'appareil (compris entre 0 et 1).

! La capacité du ballon d'hydro-accumulation peut être recommandée par le fabricant. Un ratio compris entre 40 et 60 litres par kW de puissance sur l'eau du bouilleur est généralement préconisé.

Préparateur d'eau chaude sanitaire

L'objectif du dimensionnement consiste à choisir la puissance et le volume du ballon éventuel capables de faire face à la demande de débit prévisible la plus élevée, avec une insatisfaction suffisamment rare pour qu'elle soit acceptable.

Soupape de sécurité de surpression

La soupape de sécurité est dimensionnée pour répondre à la pression totale développée dans l'installation à proximité du générateur. Elle doit s'ouvrir à une pression correspondant à la pression maximale d'utilisation de l'installation et doit pouvoir empêcher tout dépassement de cette pression supérieur à 10 %.

En général les soupapes sont tarées à 3 bar. Attention toutefois à vérifier si cette pression est la pression maximale d'utilisation du bouilleur précisée par le fabricant.

Vase d'expansion fermé

Le dimensionnement du vase d'expansion s'effectue conformément au NF DTU 65.11. Il consiste à déterminer sa pression de gonflage ainsi que sa capacité.

La pression de gonflage du vase doit être supérieure à la pression statique de l'installation de façon à ce que, à froid, l'eau n'entre pas dans le vase et que le volume soit maximal pour absorber la dilatation de l'eau. Elle est exprimée en bar et doit correspondre à la pression statique de l'installation arrondie au 0.5 bar supérieur.

La capacité du vase doit être telle qu'elle puisse recueillir le volume d'expansion de l'installation en considérant le volume du ballon d'hydro-accumulation.

Tableau 10 : Capacité du vase, pour une pression de tarage de soupape de 3 bars, en fonction du volume d'eau d'une installation à basse température (45°C) et de la hauteur statique

CONTENANCE MAXIMALE DE L'INSTALLATION (l)	CAPACITÉ DU VASE D'EXPANSION EN LITRES POUR UNE HAUTEUR STATIQUE JUSQU'À		
	5 m	10 m	15 m
200	15	19	28
300	22	29	43
400	30	39	57
500	37	48	71
600	45	58	85
700	52	68	100
800	60	77	114
900	67	87	128
1 000	75	97	142
1 250	93	121	178
1 500	112	145	213
1 750	131	169	249
2 000	149	193	285

Vase d'expansion ouvert

Le dimensionnement du vase s'effectue conformément au NF DTU 65.11 :

- $V_{utile} > 20 \%$ de la contenance de l'installation ;
- $Dn1 > 20$ mm intérieur et $15 + \sqrt{Pn}$ avec Pn la puissance du bouilleur ;
- $Dn2 > 22$ mm intérieur et $15 + 1,4 \sqrt{Pn}$ avec Pn la puissance du bouilleur ;
- $Dn3 = Dn1$;
- $h >$ Hauteur nécessaire à la pression de service (généralement $H > 5$ m).

Circulateurs de chauffage

Le débit du circulateur est calculé pour la puissance du circuit de chauffage et pour la chute de température choisie sur le circuit. Sa hauteur manométrique du circulateur est égale à la somme des pertes du circuit de distribution, des pertes de charge de la production et des pertes de charge de la vanne de régulation à pleine ouverture.

Vanne de régulation du circuit de chauffage

Pour assurer une autorité suffisante, de l'ordre de 0,5, la vanne de régulation doit être choisie avec une perte de charge au moins équivalente à la perte de charge de la production.

TABLE DES MATIÈRES

01 • PRÉSENTATION	4
02 • RÈGLES GÉNÉRALES POUR OPTIMISER LE FONCTIONNEMENT DES APPAREILS DE CHAUFFAGE AU BOIS BÛCHES	6
2.1 Privilégier un combustible bois de qualité	6
2.2 Assurer un tirage stable	6
2.3 Assurer une amenée d'air comburant suffisante	7
2.4 Mettre en œuvre un ballon d'hydro-accumulation	7
2.4.1 Cas des appareils de chauffage divisé équipés d'un dispositif de récupération de chaleur (appelé bouilleur)	7
2.4.2 Cas des chaudières manuelles à bûches	8
2.5 Respecter les règles de dimensionnement de l'appareil	8
2.5.1 Cas des appareils de chauffage divisé équipés d'un dispositif de récupération de chaleur (appelé bouilleur)	9
2.5.2 Cas des chaudières manuelles à bûches	9
2.6 Privilégier une régulation en fonction de la température extérieure	9
2.7 Appareil au bois avec chaudière en relève : fonctionnement simultané ou alterné	10
03 • SCHÉMA 1 : APPAREILS À BÛCHES À BOUILLEUR POUR UNE PRODUCTION DE CHAUFFAGE UNIQUEMENT	11
04 • SCHÉMA 2 : APPAREILS À BÛCHES À BOUILLEUR AVEC CHAUDIÈRE D'APPOINT POUR UNE PRODUCTION DE CHAUFFAGE UNIQUEMENT	21
05 • SCHÉMA 3 : APPAREILS À BÛCHES À BOUILLEUR POUR UNE PRODUCTION DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE	33
06 • SCHÉMA 4 : CHAUDIÈRE À BÛCHES POUR UNE PRODUCTION DE CHAUFFAGE SEULE ...	44
07 • SCHÉMA 5 : CHAUDIÈRE À BÛCHES POUR UNE PRODUCTION DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE	55
08 • SCHÉMA 6 : CHAUDIÈRE À BÛCHES POUR UNE PRODUCTION DE CHAUFFAGE AVEC CHAUDIÈRE EN RELÈVE	67
09 • SCHÉMA 7 : CHAUDIÈRE À BÛCHES COUPLÉE À UNE PRODUCTION SOLAIRE THERMIQUE	77

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Valeurs indicatives d'un bouilleur à bûche à « combustion continue »	18
Tableau 2 :	Capacité du vase, pour une pression de tarage de soupape de 3 bars, en fonction du volume d'eau d'une installation à basse température (45°C) et de la hauteur statique	19
Tableau 3 :	Valeurs indicatives d'un bouilleur à bûche à « combustion continue »	31
Tableau 4 :	Capacité du vase, pour une pression de tarage de soupape de 3 bars, en fonction du volume d'eau d'une installation à basse température (45°C) et de la hauteur statique	31
Tableau 5 :	Valeurs indicatives d'un bouilleur à bûche à « combustion continue »	41
Tableau 6 :	Capacité du vase, pour une pression de tarage de soupape de 3 bars, en fonction du volume d'eau d'une installation à basse température (45°C) et de la hauteur statique	42
Tableau 7 :	Capacité du vase, pour une pression de tarage de soupape de 3 bars, en fonction du volume d'eau d'une installation à basse température (45°C) et de la hauteur statique	53
Tableau 8 :	Capacité du vase, pour une pression de tarage de soupape de 3 bars, en fonction du volume d'eau d'une installation à basse température (45°C) et de la hauteur statique	66
Tableau 9 :	Capacité du vase, pour une pression de tarage de soupape de 3 bars, en fonction du volume d'eau d'une installation à basse température (45°C) et de la hauteur statique	75
Tableau 10 :	Capacité du vase, pour une pression de tarage de soupape de 3 bars, en fonction du volume d'eau d'une installation à basse température (45°C) et de la hauteur statique	85

TABLE DES SCHEMAS

Schéma 1 :	Raccordement d'un bouilleur à bûche seul sur un réseau de chauffage à vase fermé	11
Schéma 2 :	Circuits de distribution : sur radiateurs : le réseau n°1 alimente un réseau de radiateurs	12
Schéma 3 :	Circuits de distribution : sur plancher chauffant : le réseau n°2 alimente un réseau de plancher chauffant	12
Schéma 4 :	Raccordement d'un bouilleur à bûche seul sur un réseau de chauffage à vase fermé avec chaudière en relève	21
Schéma 5 :	Circuits de distribution : sur radiateurs : le réseau n°1 alimente un réseau de radiateurs	22
Schéma 6 :	Circuits de distribution : sur plancher chauffant : le réseau n°2 alimente un réseau de plancher chauffant	22
Schéma 7-8 :	Utilisation d'une chaudière (souvent existante) en relève totale et manuelle d'un bouilleur à bûches – fonctionnement avec l'appareil bouilleur uniquement (au dessus) ou avec la chaudière uniquement (en dessous)	24
Schéma 9 :	Exemple d'utilisation d'une chaudière en relève automatique avec clapets anti-retours et collecteurs	25
Schéma 10 :	Exemple d'utilisation d'une chaudière en relève automatique sans clapets anti-retours sur un ballon d'hydro-accumulation	25
Schéma 11 :	Raccordement d'un bouilleur à bûche sur un réseau de chauffage à vase fermé avec production d'ECS	33
Schéma 12 :	Circuits de distribution : sur radiateurs : le réseau n°1 alimente un réseau de radiateurs	34
Schéma 13 :	Circuits de distribution : sur plancher chauffant : le réseau n°2 alimente un réseau de plancher chauffant	34
Schéma 14 :	Chaudière manuelle à bûches avec ballon d'hydro-accumulation à 4 piquages	44
Schéma 15 :	Chaudière manuelle à bûches avec ballon d'hydro-accumulation à 2 piquages	45
Schéma 16 :	Circuits de distribution : sur radiateurs : le réseau n°1 alimente un réseau de radiateurs	45
Schéma 17 :	Circuits de distribution : sur plancher chauffant : Le réseau n°2 alimente un réseau de plancher chauffant	46
Schéma 18 :	Chaudière manuelle à bûches avec un ballon d'hydro-accumulation 4 piquages et production d'ECS en bain marie	55
Schéma 19 :	Chaudière manuelle à bûches avec un ballon d'hydro-accumulation 2 piquages et production d'ECS en bain marie	56
Schéma 20 :	Chaudière manuelle à bûches avec plusieurs ballons d'hydro-accumulation raccordés en série et production d'ECS en bain marie	57
Schéma 21 :	Chaudière manuelle à bûches avec plusieurs ballons d'hydro-accumulation raccordés en parallèle et production d'ECS en bain marie	57
Schéma 22 :	Chaudière manuelle à bûches avec un ballon d'hydro-accumulation 2 piquages et production d'ECS séparée	58
Schéma 23 :	Chaudière manuelle à bûches avec un ballon d'hydro-accumulation en série et chaudière en relève	67
Schéma 24 :	Chaudière manuelle à bûches avec un ballon d'hydro-accumulation 2 piquages, production d'ECS intégrée et production solaire	77



Les productions du programme PACTE sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.

Retrouvez gratuitement la collection sur www.programmepacte.fr

LES PARTENAIRES DU PROGRAMME PACTE

MAÎTRES D'OUVRAGE



ENTREPRISES/ARTISANS



MAÎTRES D'ŒUVRE



CONTRÔLEURS TECHNIQUES



INDUSTRIELS



ASSUREURS



PARTENAIRES PUBLICS



Le Secrétariat Technique du programme PACTE est assuré par l'Agence Qualité Construction.

SCHÉMATHÈQUE APPAREILS DE CHAUFFAGE AU BOIS BUCHES EN HABITAT INDIVIDUEL

MARS 2019 – VERSION 1.0

Cette schémathèque a pour vocation d'être un outil pratique et pédagogique de choix et de conception des installations d'appareils de chauffage au bois bûches en habitat individuel.

Elle s'applique aux appareils de chauffage divisé (de type bouilleur) et centralisé (chaudières alimentant un circuit hydraulique de chauffage et/ou d'ECS) à bûches.

Un schéma intégrant une production solaire thermique est présenté pour ses particularités de conception.

La schémathèque comprend un nombre limité de sept schémas types : pour une production de chauffage seule, de chauffage et d'ECS, avec ballon d'hydroaccumulation à deux ou quatre piquages...

Chaque fiche schéma type contient :

- le schéma hydraulique complet avec les accessoires ;
- l'explication du fonctionnement hydraulique et de la régulation ;
- des conseils de dimensionnement des principaux équipements hydrauliques ;
- la liste argumentée des accessoires obligatoires ou conseillés.