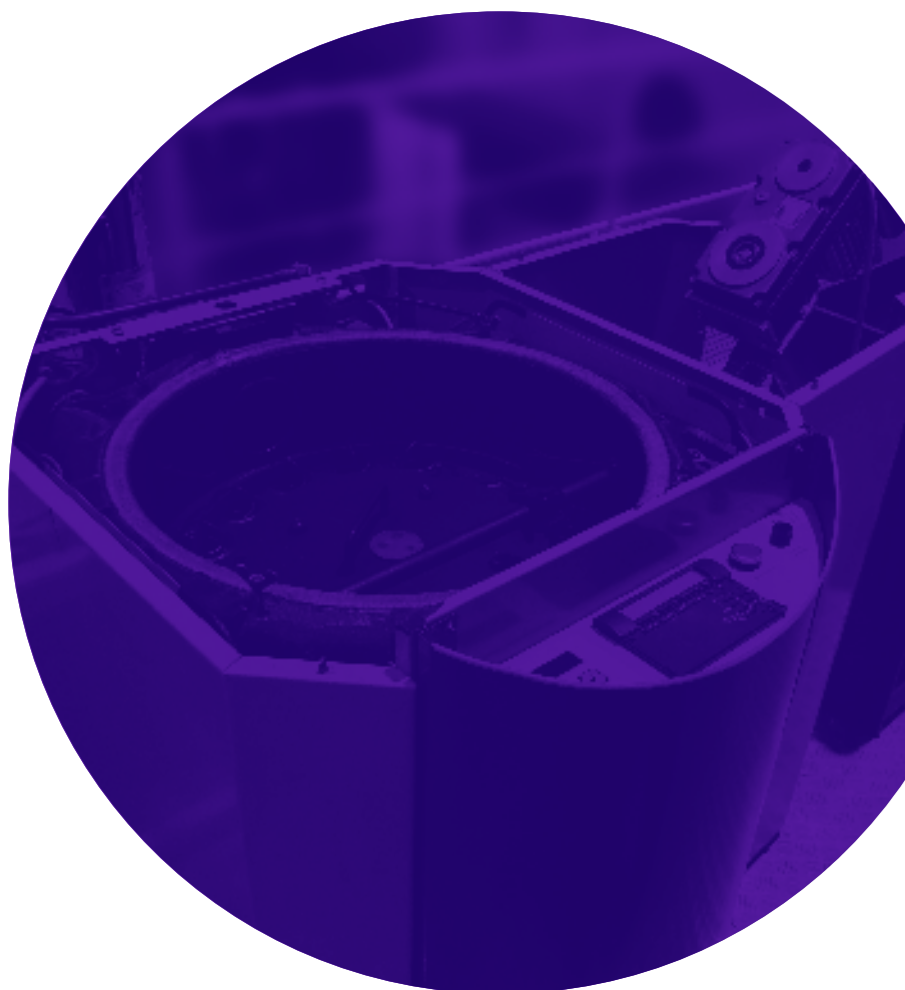


LES CHAUDIÈRES À GRANULÉS EN MAISON INDIVIDUELLE – CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

SEPTEMBRE 2021



AVANT-PROPOS

Avec le programme PROFEEL, la filière Bâtiment s'est rassemblée pour répondre collectivement aux défis de la rénovation énergétique. 16 organisations professionnelles ont été à l'initiative de cette démarche et, continuent aujourd'hui à la porter activement.

PROFEEL se compose concrètement de 9 projets, positionnés sur trois grands enjeux : favoriser le déclenchement des travaux de rénovation, garantir la qualité des travaux réalisés et consolider la relation de confiance entre les professionnels. Ces projets s'appuient sur l'innovation, qu'elle soit technique ou numérique, afin de mieux outiller les professionnels du bâtiment, d'améliorer les pratiques sur le marché de la rénovation énergétique et de garantir la qualité des travaux réalisés. Ces outils permettront d'accompagner les acteurs durant toutes les étapes d'un projet de rénovation : en amont, pendant et après les travaux.

Dans le cadre du projet BONNES PRATIQUES, un des 9 projets PROFEEL, 14 nouveaux outils pratiques sont développés pour accompagner les professionnels dans la conception, la mise en œuvre et la maintenance de solutions techniques, clés ou innovantes de rénovation énergétique. Cette nouvelle collection d'outils s'inscrit dans la continuité des référentiels techniques produits dans le cadre de précédents programmes portés par la filière Bâtiment : PACTE et RAGE.

Le présent document est le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.

Pour plus d'information : <https://programmeprofeel.fr/>

PARTENAIRES PROFEEL :

Pouvoirs Publics



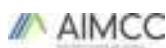
Porteurs



Financiers



Filière Bâtiments

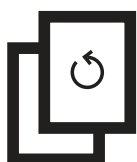


PROFEEL, un programme financé par le dispositif des certificats d'économie d'énergie (CEE)



SOMMAIRE

1	DOMAINE D'APPLICATION	4
2	DÉFINITIONS	5
3	RÉFÉRENCES	8
4	LES SOLUTIONS TECHNIQUES	10
5	VALIDATION DE LA SOLUTION TECHNIQUE	24
6	LES RÈGLES DE CONCEPTION	28
7	LES RÈGLES DE DIMENSIONNEMENT	50
8	ANNEXES	59



VERSION
Initiale

DATE DE LA PUBLICATION
Septembre 2021

MODIFICATIONS

1

DOMAINE D'APPLICATION

Le présent document a pour objet de fournir les prescriptions techniques pour la conception et le dimensionnement des installations de chaudières à granulés de bois. Il concerne les installations dans l'habitat individuel existant dont la puissance utile est inférieure à 70 kW.

On distingue les chaudières :

- alimentées en air comburant prélevé directement dans la pièce où elles se situent ;
- dont l'amenée d'air de la chambre de combustion est directement raccordée, par un conduit, à l'extérieur ou à une zone ventilée en permanence sur l'extérieur ;

- à circuit de combustion étanche dont l'alimentation en air comburant, la chambre de combustion et le système d'évacuation des produits de combustion sont reconnus étanches.

Ce document ne concerne que les systèmes d'évacuation des produits de combustion en tirage naturel (pression nulle ou négative à la buse).

Ces appareils utilisent exclusivement des granulés de bois comme combustible. Les granulés autres que ceux issus du bois, en particulier les agro-granulés, sont exclus.

NOTE



Les Recommandations professionnelles sont à prendre en compte en complément des normes NF DTU 24.1 concernant le lot fumisterie et NF DTU 65.11 concernant les installations hydrauliques. Il convient également de se référer aux Avis Techniques et Documents Techniques Unifiés (DTU) en vigueur, ainsi qu'aux éventuelles prescriptions des fabricants figurant dans les notices des équipements.

Ne sont pas traités dans ce document :

- les appareils de chauffage divisé ;
- les chaudières à condensation fonctionnant aux granulés de bois ;
- les chaudières pouvant utiliser plusieurs combustibles dans un foyer unique ou dans des foyers séparés.

Les règles à suivre concernant la conception et le dimensionnement des appareils de chauffage divisés sont décrites dans les Recommandations professionnelles : appareils de chauffage divisés à granulés en habitat individuel. Pour les chaudières à condensation, les règles sont données par les fabricants dans leur notice ainsi que dans les Avis Techniques associés (voir le Document technique d'Application le cas échéant). Dans le cas des appareils mixtes, les règles à suivre sont celles de chacun des combustibles utilisés.

2

DÉFINITIONS

AIR COMBURANT (OU DE COMBUSTION)

Air fourni à la chambre de combustion et qui est entièrement ou partiellement utilisé pour la combustion.

CHAUDIÈRE À CIRCUIT DE COMBUSTION ÉTANCHE

Chaudière pour lequel le circuit de combustion (alimentation en air, chambre de combustion et évacuation des produits de combustion) est étanche par rapport au local dans lequel il est installé.

BALLON D'HYDRO-ACCUMULATION

Volume de stockage hydraulique servant à l'accumulation d'énergie thermique en surplus libérée par la chaudière à granulés. Ce volume sert également à restituer l'énergie stockée lors des phases d'arrêt de la chaudière.

BOITE À SUIE

Volume servant de réceptacle des suies, en particulier au moment du ramonage du conduit. Elle est située, soit entre le pied du conduit de fumée et le dessous de l'orifice destiné au conduit de raccordement, soit à l'extrémité d'un té de raccordement lorsque le conduit de raccordement est situé en dessous du pied du conduit de fumée.

BRÛLEUR

Récipient de la chambre de combustion d'une chaudière à granulés qui est alimenté automatiquement depuis la trémie à combustible et dans lequel les granulés sont brûlés.

BUSE (OU MANCHON)

Partie de l'appareil permettant l'évacuation des produits de combustion par l'intermédiaire du conduit de raccordement vers le conduit de fumée. Cette partie est appelée « buse » lorsqu'elle est mâle et « manchon » lorsqu'elle est femelle.

CO (MONOXYDE DE CARBONE)

Gaz toxique issu des imbrûlés de la combustion.

COFFRAGE

Pari(s) indépendante(s) avec une lame d'air utilisée pour dissimuler un ou plusieurs conduits de fumée. Les parois de ce coffrage ne présentent pas nécessairement de qualité de résistance au feu et ne relient pas plusieurs locaux ou niveaux.

COMPOSANT TERMINAL

Composant situé à la sortie d'un conduit de fumée ou d'un système d'évacuation des produits de combustion. Il peut avoir des propriétés aérodynamiques et en outre assurer la protection du conduit contre la pénétration de la pluie et/ou éviter la formation d'obstruction telle que les nids d'oiseaux.

CONDUIT CONCENTRIQUE

Système d'évacuation des produits de combustion composé de deux conduits concentriques. Le conduit intérieur assure l'évacuation des produits de combustion, le conduit extérieur assure l'amenée d'air comburant. Dans certaines configurations d'installation le conduit extérieur assure l'isolation thermique.

CONDUIT DE FUMÉE

Construction comprenant une ou plusieurs parois délimitant un ou plusieurs canaux. D'allure verticale, il est destiné à évacuer les produits de combustion à l'extérieur du bâtiment et a son origine au niveau où se trouvent le ou les appareils qu'il dessert ou à un niveau inférieur. Sa mise en œuvre s'effectue conformément aux dispositions de la norme NF DTU 24.1.

CONDUIT DE FUMÉE MÉTALLIQUE DOUBLE PAROI (OU COMPOSITE)

Un conduit de fumée métallique double paroi est un conduit de fumée composite constitué de deux parois métalliques séparées par un isolant thermique. Un conduit de fumée est dit composite lorsqu'il est composé d'éléments préfabriqués constitués de plusieurs parois entre lesquelles sont interposés un isolant thermique ou une lame d'air. Un conduit de fumée métallique double paroi est donc un cas particulier de conduit de fumée composite.

CONDUIT DE RACCORDEMENT

Conduit assurant le passage des produits de combustion entre la buse (ou le manchon) et le conduit de fumée.

CONDUIT FLEXIBLE

Conduit pour tubages ou de raccordement métallique pouvant se courber dans toutes les directions sans déformation permanente. Par conduit flexible double peau, on entend un composant dont la surface intérieure est lisse.

DÉVOIEMENT (OU COUDE)

Changement de direction.

DISPOSITIF D'ALIMENTATION AUTOMATIQUE

Dispositif pour l'alimentation en combustible à partir de la trémie, généralement réalisé au moyen d'une vis sans fin.

DISPOSITIF D'ALLUMAGE

Constitué d'une résistance électrique dont la puissance varie généralement entre 200 et 450 W servant à chauffer le combustible dans le brûleur (pot de combustion) et l'amener à sa température d'auto-inflammation.

DISTANCE DE SÉCURITÉ CONDUIT DE FUMÉE

Distance minimum entre la face externe de l'ouvrage « conduit de fumée », « conduit de raccordement » par rapport aux matériaux combustibles avoisinants.

DISTANCE DE SÉCURITÉ APPAREIL DE COMBUSTION

Distance de sécurité, spécifiée par le fabricant, de l'appareil par rapport aux matériaux combustibles avoisinants.

ÉTANCHÉITÉ D'UN SYSTÈME

Débit volumétrique pouvant se répandre dans la pièce d'installation, à une pression interne donnée, au travers de parties non étanches d'un système. La notion d'étanchéité s'applique au système complet à savoir l'appareil de combustion ainsi qu'à l'évacuation des fumées.

HABILLAGE

Revêtement non structurel qui est fixé au conduit de fumée pour lui offrir une protection supplémentaire contre les transferts de chaleur et/ou les intempéries ou pour le décorer.

MATÉRIAU COMBUSTIBLE

Matériau ne répondant pas aux critères d'un matériau incombustible selon l'arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement.

MATÉRIAU INCOMBUSTIBLE

Matériau répondant aux critères de non-combustibilité dit A1 (anciennement MO, voir l'euro-classe en annexe I) et selon l'arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement.

PLAQUE SIGNALÉTIQUE

La plaque signalétique est fixée au niveau du débouché ou au niveau de l'orifice d'entrée dans le conduit de fumée, qui mentionne les caractéristiques d'emploi du conduit. Cette plaque doit être mise en place conformément aux règles de l'art nationales (norme NF DTU 24.1).

PRODUITS DE COMBUSTION

Synonyme des fumées.

SOUCHE

La souche est la partie extérieure située hors toiture ou hors terrasse d'un ou plusieurs conduits en situation intérieure. La souche peut constituer l'habillage d'un ou plusieurs conduits.

SYSTÈME D'ÉVACUATION DES PRODUITS DE COMBUSTION

Dispositif permettant d'évacuer les produits de combustion à l'extérieur du bâtiment et ayant son origine au niveau où se trouvent le ou les appareils qu'il dessert ou à un niveau inférieur. D'allure verticale, le système possède à son extrémité supérieure un terminal d'évacuation des produits de combustion.

TRÉMIE À COMBUSTIBLE

Compartiment de stockage du combustible à partir duquel est directement alimenté le brûleur. Elle peut soit faire partie intégrante de la chaudière, soit être extérieure à la chaudière.

VENTILATEUR D'EXTRACTION DES FUMÉES

Ventilateur utilisé pour évacuer pour extraire les fumées de la chambre de combustion en créant une dépression dans la chambre de combustion. L'extraction des fumées génère également l'amenée d'air comburant dans la chambre de combustion.

VENTILATION GÉNÉRALE ET PERMANENTE (OU PAR BALAYAGE)

Système de ventilation disposant d'entrées d'air dans les pièces de séjour (salon, chambre...) et de bouches d'extraction dans les pièces de service (WC, salle de bains, cuisine). L'air transite ainsi des pièces de séjour, où il est introduit, vers les pièces de services, où il est extrait.

3

RÉFÉRENCES

3

1

RÉFÉRENCES RÉGLEMENTAIRES

- Arrêté du 22 octobre 1969 relatif aux conduits de fumée desservant les logements.
- Arrêté du 23 juin 1978 modifié relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, de bureaux ou recevant du public.
- Circulaire du 9 août 1978 modifiée relative à la révision du Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT).
- Arrêté du 24 mars 1982 modifié relatif à l'aération des logements (modifié par l'Arrêté du 28 octobre 1983).
- Loi n° 96-603 du 5 juillet 1996 relative au développement et à la promotion du commerce et de l'artisanat.
- Décret n°98-246 du 2 avril 1998 relatif à la qualification professionnelle exigée pour l'exercice des activités prévues à l'article 16 de la loi n° 96-603 du 5 juillet 1996 relative au développement et à la promotion du commerce et de l'artisanat.
- Arrêté du 21 novembre 2002 et son rectificatif relatifs à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement.
- Arrêté du 31 octobre 2005 relatif aux dispositions techniques pour le choix et le remplacement de l'énergie des maisons individuelles.
- Arrêté du 3 mai 2007 : relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants (« RT par élément »).
- Arrêté du 23 février 2009 pris pour l'application des articles R. 131-31 à R. 131-37 du code de la construction et de l'habitation relatif à la prévention des intoxications par le monoxyde de carbone dans les locaux à usage d'habitation.
- Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »

3

2

RÉFÉRENCES NORMATIVES

- NF DTU 24.1 : Travaux de fumisterie – Installation de systèmes d'évacuation des produits de combustion desservant un ou des appareils
- NF DTU 65.11 P1-1 Dispositifs de sécurité des installations de chauffage central concernant le bâtiment – Partie 1-1 : Cahier des Clauses Techniques.
- NF DTU 65.11 P1-2 Dispositifs de sécurité des installations de chauffage central concernant le bâtiment – Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux.
- NF DTU 68.3 : Travaux de bâtiment – Installations de ventilation mécanique.
- NF EN 13384-1 : Conduits de fumée – Méthodes de calcul thermo-aéraulique – Partie 1 : Conduits de fumée ne desservant qu'un seul appareil + Amendements 1 et 2.
- NF EN 13501-1 : Classement au feu des produits et éléments de construction – Partie 1 : classement à partir des données d'essais de réaction au feu.
- NF EN 12828 : Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Conception des systèmes de chauffage à eau.
- NF EN 15287-1 : Conduits de fumée – Conception, installation et mise en service des conduits de fumée – Par-

tie 1 : Conduits de fumée pour appareils de combustion qui prélèvent l'air comburant dans la pièce + Amendement A1.

- NF EN 806-2 : Spécifications techniques relatives aux installations d'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments – Partie 2 : Conception.
- NF EN 806-4 : Spécifications techniques relatives aux installations d'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments – Partie 4 : Installation.
- NF EN 60730-2-9/A2 : Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue –

Partie 2-9 : Règles particulières pour les dispositifs de commande thermosensibles.

- NF P 52-001 : Soupapes de sûreté pour installations de chauffage – Spécifications techniques générales.
- NF EN 303-5 : Chaudières de chauffage – Partie 5 : Chaudières spéciales pour combustibles solides, à chargement manuel et automatique, puissance utile inférieure ou égale à 300 kW – Définitions, exigences, essais et marquage.
- NF EN 20023 : Biocombustibles solides – Sécurité des granulés de biocombustible solide – Manutention et stockage en toute sécurité des granulés de bois dans des applications résidentielles et autres applications à petite échelle

NOTE



Les matériaux (terre cuite, béton, métaux...) autorisés à être utilisés pour constituer les parois des conduits sont listés dans la norme NF DTU 24.1. Ces matériaux font l'objet des validations nécessaires vis-à-vis des normes concernées pour disposer du marquage CE. Certains produits peuvent aussi faire l'objet d'avis technique ou de document technique d'application spécifique.

3

3

AUTRES DOCUMENTS

- Guide de dimensionnement des radiateurs à eau chaude – Energies et avenir – 2010
- Réseaux d'eau destinée à la consommation humaine à l'intérieur des bâtiments –Partie 1 : Guide technique de conception et de mise en œuvre – Edition CSTB – Collection : Guide Réglementaire – 2004
- Schémathèque : Appareils de chauffage aux granulés en habitat individuel – Programme PACTE – 2019
- Guide technique : Les besoins d'eau chaude sanitaire en habitat individuel et collectif – ADEME – 2016

4

LES SOLUTIONS TECHNIQUES

4

1

PRINCIPE

Les chaudières à granulés de bois sont des appareils destinés à la production de chauffage à eau chaude et/ou d'eau chaude sanitaire (ECS).

Contrairement aux chaudières à bûches, le fonctionnement d'une chaudière à granulés peut être automatisé ou semi-automatisé. Ainsi, le combustible est acheminé vers le foyer de la chaudière par une vis sans fin ou par aspiration depuis un réservoir situé à proximité. L'alimentation du foyer peut se faire par le haut ou par le bas. La contenance du réservoir de combustible (ou trémie) est variable et son remplissage peut se faire manuellement mais est plus généralement automatisé. Dans ce deuxième cas de figure, les granulés sont stockés en grande quantité dans un silo et un système d'extraction automatisé les achemine jusqu'à la trémie.

La régulation associée à la chaudière à granulés permet généralement :

- La gestion des paramètres de combustion (vitesse d'amenée du combustible, débit d'air secondaire, allumage de la chaudière et température des fumées et taux d'oxygène pilotés en continu grâce à l'installation d'une sonde lambda) ;
- La variation de la puissance chaudière ;
- La gestion du nettoyage de la chaudière (décendrage automatique en général et nettoyage des échangeurs) ;
- La gestion des pannes : la régulation peut diagnostiquer instantanément les pannes ;

- La gestion des réseaux primaire et secondaires.

Le contrôle de la combustion est généralement réalisé par un procédé de régulation par sonde au zirconium. Il est actuellement le moyen le plus sensible permettant d'accéder à une combustion de bonne qualité. Son rôle est d'ajuster le mélange air/combustible réglé pour chaque taux de charge de la chaudière. Le dispositif de régulation fait varier le débit d'air secondaire en fonction de la teneur en oxygène dans les fumées humides.

La teneur en oxygène sur fumées humides mesurée par la sonde doit être maintenue constante et égale à une valeur de consigne. Deux cas de dérive peuvent se produire.

- La teneur en oxygène est supérieure à la consigne. L'excès d'air est trop fort, il faut fermer les volets d'air secondaire ;

- La teneur en oxygène est inférieure à la consigne. Il y a un manque d'air, il faut ouvrir les volets d'air secondaire.

La modulation de la puissance de l'appareil est réalisée par variation de la quantité de combustible et du débit d'air du ventilateur d'extraction des fumées. Généralement, la chaudière s'arrête automatiquement en cas de dépassement de la température de consigne définie et réglée par l'utilisateur. Un cycle d'hystérésis, aux différentiels programmés, vient gérer les phases d'extinction et de rallumage.

NOTE



Lorsque le remplissage de la trémie doit être fait manuellement, on parle de chaudière semi-automatique.

Au démarrage de la chaudière, le fonctionnement du ventilateur d'extraction des fumées permet de créer la dépression nécessaire dans la chambre de combustion. Le système de contrôle électronique, pilotant l'ensemble des composants de l'appareil, commande l'amenée de combustible dans le brûleur, situé dans la chambre de combustion. Le dispositif d'allumage est enclenché. Il est

constitué d'une résistance électrique de puissance variable. Il réchauffe le combustible jusqu'à sa température d'auto-inflammation. La durée d'allumage est variable selon la puissance du dispositif (généralement de l'ordre de quelques centaines de Watt) et la quantité de combustible présente dans le brûleur.

4

2

TECHNOLOGIES DE CHAUDIÈRES

Les chaudières à granulés peuvent être à circuit de combustion étanche ou non.

Pour une chaudière étanche, le circuit de combustion (alimentation en air, chambre de combustion et évacuation des produits de combustion) est étanche par rapport au local dans lequel elle est installée. La prise

d'air comburant se fait donc à l'extérieur du local par un conduit raccordé sur la chaudière.

Il existe plusieurs configurations possibles pour les circuits de combustion étanche. En effet, l'amenée d'air et l'évacuation peuvent être réalisées conjointement (par un conduit unique) ou séparément (par deux conduits distincts).

A l'inverse, pour une chaudière à circuit de combustion non-étanche, l'alimentation en air comburant se fait directement dans le local où elle est installée. La ventilation

du local doit alors permettre une amenée d'air suffisante pour assurer une combustion correcte dans la chaudière.

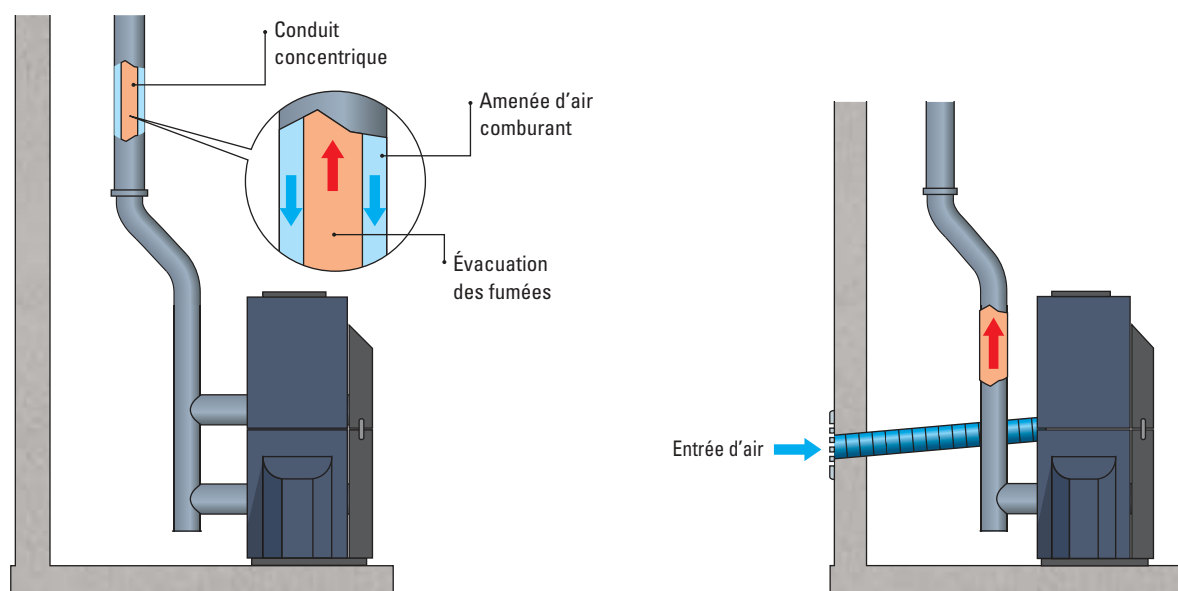


FIGURE 1

Exemples de configurations possibles pour une installation à circuit de combustion étanche. A gauche par un conduit concentrique, à droite par conduits séparés

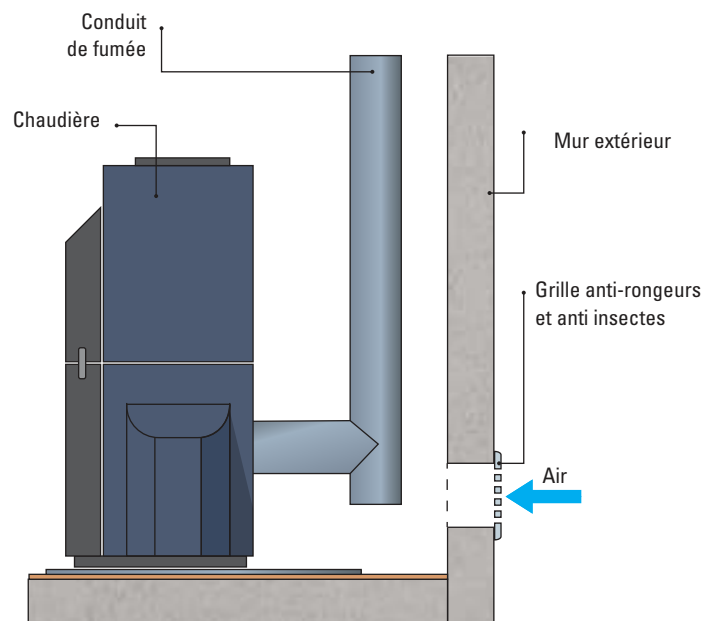


FIGURE 2 Exemple d'installation à circuit de combustion non-étanche

4

3

TPOLOGIES DE SILOS DE STOCKAGE DES GRANULÉS

Les silos servent à stocker les granulés de bois avant qu'ils ne soient amenés à la chaudière par un système d'extraction mécanique ou pneumatique. Ces silos peuvent soit être construits sur mesure, soit être préfabriqués (on parle aussi de silos clés-en-mains). Dans ce deuxième cas de figure, le silo peut être textile ou métallique.

La capacité de stockage maximale des silos préfabriqués est généralement restreinte à une dizaine de tonnes de granulés. Les silos sur mesure peuvent disposer d'une plus grande capacité de stockage toutefois des exigences spécifiques peuvent s'appliquer lorsque celle-ci excède dix tonnes de granulés.

ATTENTION



Les silos sur mesure doivent être conçus et réalisés par des professionnels qualifiés selon les règles de l'Art sans quoi ils peuvent occasionner des risques de dégradation de la chaudière ainsi que pour la santé et la sécurité des personnes.

Quelle que soit leur nature, les silos doivent respecter certaines règles de sécurité notamment vis-à-vis des dégagements monoxyde de carbone, de poussières et d'odeurs dus aux granulés de bois. Il convient ainsi d'isoler hermétiquement

les silos sur mesure des espaces d'habitation. En complément, la ventilation du silo doit être suffisante afin de disperser les gaz et d'accélérer la dissipation des composés volatiles.

4.3.1 SILOS PRÉFABRIQUÉS

Les silos préfabriqués sont plus simples à installer que les silos sur mesure. Leur capacité de stockage peut aller de la tonne à la dizaine de tonnes selon les modèles. Ils peuvent être installés dans le volume chauffé ou en dehors de celui-ci, voire éventuellement en extérieur.

Les silos préfabriqués présentent en outre l'avantage de respecter toutes les contraintes techniques et les exigences de sécurité. Sous conditions toutefois que leur

montage soit conforme aux instructions des fabricants ; aussi bien vis-à-vis du silo lui-même que du système d'extraction des granulés de bois.

Il existe deux grands types de silos préfabriqués : les silos métalliques et les silos textiles. Leur forme peut varier (rectangulaire, rond, carré, ...) mais leur fond est généralement conique ou en forme d'auge pour permettre le prélèvement des granulés par le bas.

4.3.1.1 SILOS MÉTALLIQUES

Les silos métalliques présentent une grande résistance mécanique et sont généralement conçus pour supporter les conditions météorologiques, ce qui permet de les placer en extérieur. Une protection supplémentaire (auvent, abris, ...) peut cependant être nécessaire.

En outre, les silos métalliques doivent disposer de joints siliconés parfaitement réalisés entre les différents éléments métalliques afin d'assurer une bonne étanchéité à l'air et à l'humidité.



FIGURE 6 Illustration d'un silo préfabriqué métallique

4.3.1.2 SILOS TEXTILES

Les silos textiles présentent l'avantage d'être légers et perméables à l'air, ce qui permet de simplifier leur remplissage (pas de reprise d'air). Certains peuvent être équipés d'une protection contre les intempéries rendant possible leur installation en extérieur.

Par ailleurs, ce type de silos ne requière pas de tubulure d'aspiration d'air pour le remplissage puisque les micro-trous dans l'enveloppe textile assure le passage de l'air.



FIGURE 7 Illustration d'un silo préfabriqué textile

4.3.2 SILOS SUR MESURE

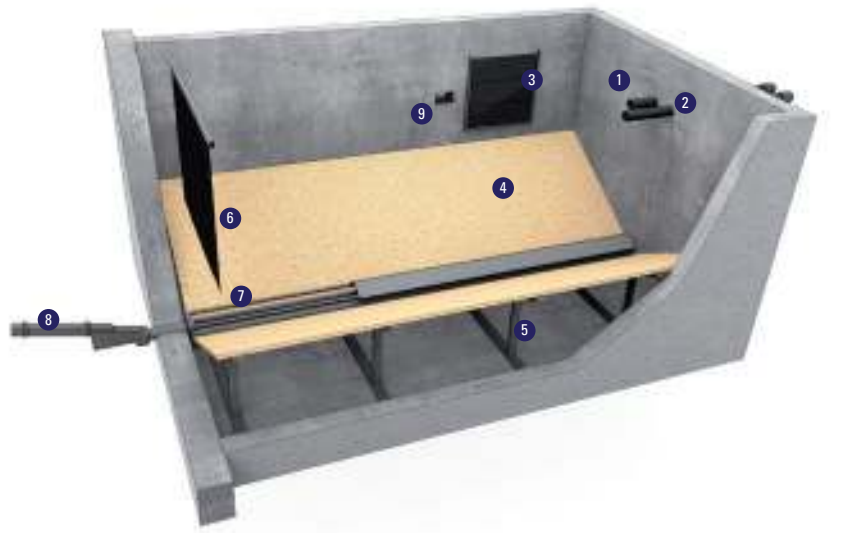
Les silos sur mesure permettent d'optimiser l'espace de stockage chez les particuliers. Ils sont généralement construits à l'initiative du propriétaire.

Les silos sur mesure sont le plus souvent maçonnés mais peuvent également être en bois.

Le système mécanique d'extraction des granulés peut être une vis sans fin placée au fond du silo (éventuellement

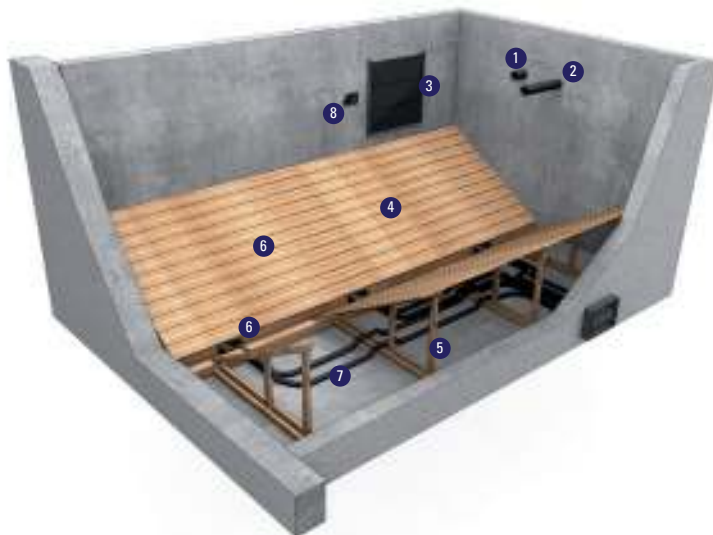
couplée avec un désileur rotatif) ou des sondes d'aspiration fixées au sol. Il existe également des systèmes d'aspiration par le haut placé au-dessus du stock de granulés. Selon le type de système d'extraction choisi, le fond du silo pourra être plat ou incliné.

Les figures ci-dessous illustrent différents types de silos sur mesure :



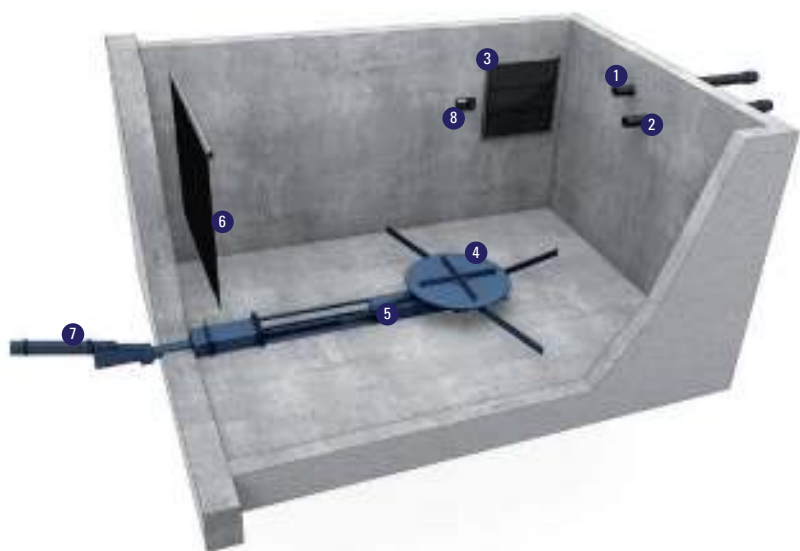
- | | |
|--|---|
| ① Tubulure d'aspiration | ⑥ Tapis de protection (tapis anti-impact) |
| ② Tubulure de soufflage | ⑦ Vis sans fin |
| ③ Trappe d'accès au silo renforcée par l'intérieur | ⑧ Convoyeur |
| ④ Pan incliné du silo en V | ⑨ Œilleton |
| ⑤ Support angulaire | |

FIGURE 3 Illustration d'un silo en V avec vis sans fin d'extraction



- | | |
|--|---------------------------------------|
| ① Tubulure d'aspiration | ⑤ Chevron |
| ② Tubulure de soufflage | ⑥ Sonde d'aspiration |
| ③ Trappe d'accès au silo renforcée par l'intérieur | ⑦ Flexible d'alimentation en granulés |
| ④ Pan incliné du silo en V | ⑧ Œilleton |

FIGURE 4 Illustration d'un silo en V avec sondes d'aspiration par le fond



- | | |
|--|---|
| ① Tubulure d'aspiration | ⑤ Vis sans fin |
| ② Tubulure de soufflage | ⑥ Tapis de protection (tapis anti-impact) |
| ③ Trappe d'accès au silo renforcée par l'intérieur | ⑦ Convoyeur |
| ④ Désileur rotatif | ⑧ Œilleton |

FIGURE 5 Illustration d'un silo à fond plat avec système désileur rotatif.

Par ailleurs, ce type de silos ne requière pas de tubulure d'aspiration d'air pour le remplissage puisque les micros-trous dans l'enveloppe textile assure le passage de l'air.

4

4

CONFIGURATIONS D'ÉVACUATION DES PRODUITS DE COMBUSTION

L'évacuation des produits de combustion peut être assurée par :

- un conduit de fumée prévu pour le raccordement à des chaudières granulés ;
- un système d'évacuation des produits de combustion (ou EVAPDC) prévu pour le raccordement à des chaudières à granulés à circuit de combustion étanche ou non.

Leur mise en œuvre est réalisée conformément :

- à la NF DTU 24.1 si la technique est reconnue traditionnelle ;
- à l'Avis Technique ou au Document Technique d'Application (DTA) si la technique est reconnue non traditionnelle.

NOTE



La technique est reconnue traditionnelle dès lors que la zone d'implantation et la position du débouché des fumées est conforme à l'article 18 de l'arrêté du 22 octobre 1969 relatif aux conduits de fumée desservant des logements et que le conduit est conforme à la NF DTU 24.1.

4.4.1 DÉBOUCHÉ DES FUMÉES

La (Figure 8) donne les différentes configurations d'installation pour le débouché des fumées :

- la zone 1 : l'évacuation des produits de combustion est verticale et la position de son débouché respecte l'article 18 de l'arrêté du 22 octobre 1969 avec un dépassement de 40 cm au-dessus du faitage du toit ou de toute construction distante de moins de 8 m ;
- la zone 2 : l'évacuation des produits de combustion est verticale et la position de son terminal se trouve en toiture. Elle ne respecte pas l'article 18 de l'arrêté du 22 octobre 1969 ;
- la zone 3 : l'évacuation des produits de combustion est horizontale et la position de son terminal se trouve en façade.

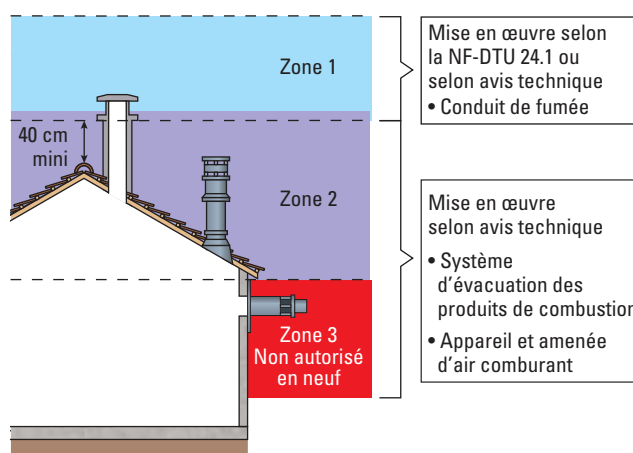


FIGURE 8 Illustration des trois zones de débouchés des fumées

CONSEILS



Pour une meilleure diffusion des produits de combustion, il est recommandé de favoriser une configuration avec un terminal vertical en toiture (zone 1 ou 2).

4.4.2 CONDUIT DE FUMÉE

Le conduit de fumée sert à évacuer les produits de combustion provenant de la chaudière à granulés de bois. Le débouché des fumées est situé en Zone 1.

Les deux parties principales de l'ouvrage sont :

- le conduit raccordement, de la buse de l'appareil jusqu'à la jonction avec le conduit de fumée ;
- le conduit de fumée.

Le raccordement est dit « direct » lorsque le conduit de fumée arrive directement sur la buse de la chaudière, sans conduit intermédiaire de raccordement. S'il y a présence d'un conduit de raccordement, on parle de raccordement indirect.

Le tubage, qu'il soit rigide ou flexible et introduit dans un conduit existant, fait partie de l'ouvrage « conduit de fumée ».

4.4.3 SYSTÈME D'ÉVACUATION DES PRODUITS DE COMBUSTION

Le terminal assurant l'évacuation des produits de combustion se trouve en zones 1, 2 ou 3. Les terminaux assurant l'amenée d'air comburant et l'évacuation des produits de combustion peuvent être concentriques (Zone 1, 2 et 3) ou séparés (Zone 1 et 2). Un conduit peut être créé ou un conduit de fumée existant réutilisé.

La chaudière à granulés raccordée au conduit est à circuit de combustion étanche (Zone 1, 2 et 3) ou non (Zone 1).

La conception du système d'évacuation des produits de la combustion doit être faite en respectant les spécifications du système indiquées dans son Avis Technique (ou DTA) et dans la notice du fabricant. Une mise en œuvre générale est décrite dans le Cahier des Prescriptions Techniques communes n°3708 ainsi que dans l'avis technique du système concerné.

4.4.3.1 TERMINAL EN TOITURE : ZONE 1 ET 2

L'évacuation des produits de combustion est verticale et la position de son terminal se situe en toiture, en Zone 1 ou 2. Les terminaux assurant l'amenée d'air comburant et l'évacuation des produits de combustion peuvent être concentriques ou séparés.

Un conduit vertical neuf est mis en œuvre ou un conduit de fumée existant réutilisé après vérification de sa conformité, conformément aux dispositions de la NF DTU 24.1.

Si le conduit de fumée existant ne vérifie pas les dispositions de l'article 18 de l'arrêté du 22 octobre 1969, il existe deux possibilités :

- Le conduit de fumée peut être réhaussé de manière à le rendre conforme aux dispositions de l'arrêté du 22 octobre 1969 ;

- Le terminal du conduit peut être implanté conformément aux règles définies pour la Zone 2 dans le Cahier des Prescriptions Techniques communes n°3708 ainsi que dans l'Avis Technique et la notice d'installation du système concerné.

En zone 2, la chaudière est obligatoirement à circuit de combustion étanche. Dans ce cas, la chaudière à granulés et le système d'évacuation des produits de combustion et d'amenée d'air comburant auquel il est raccordé sont titulaires d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application (DTA).

On donne (Figure 9) l'illustration d'une chaudière à granulés à circuit de combustion étanche raccordée sur un système d'évacuation des produits de combustion en Zone 2.

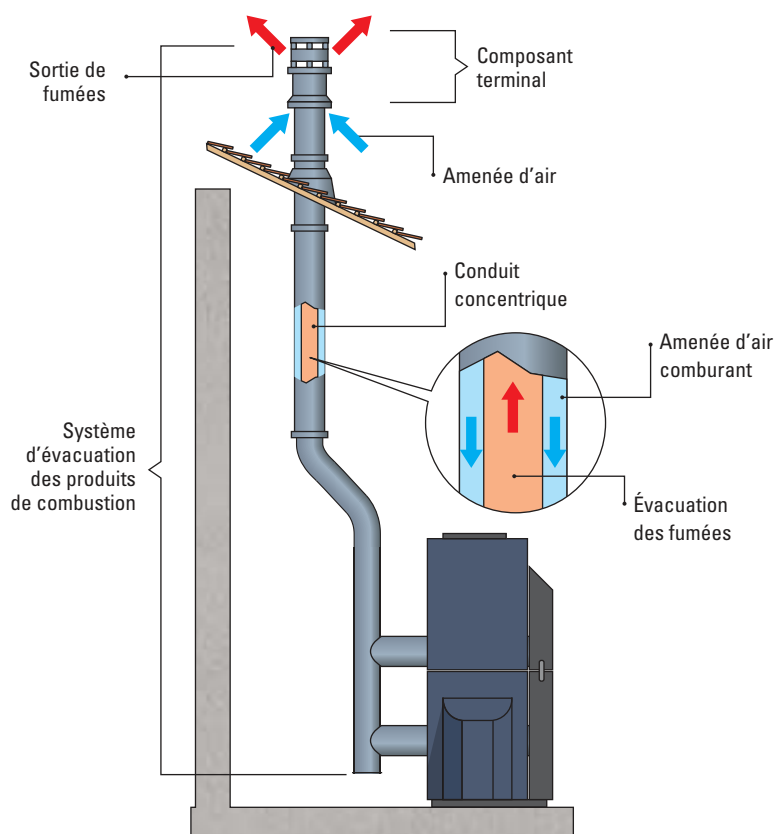


FIGURE 9 Illustration d'une chaudière à granulés raccordée sur un système d'évacuation des produits de combustion – Zone 2

En fonction des terminaux (concentriques ou séparés), de la situation du conduit d'évacuation des produits de combustion (intérieure ou extérieure), de la création ou de la réutilisation d'un conduit, différentes configurations d'installation d'un système à circuit de combustion étanche sont possibles.

Le système d'évacuation des produits de combustion peut être de type :

- conduits concentriques : le conduit intérieur assure l'évacuation des produits de combustion tandis que le conduit extérieur assure l'amenée d'air comburant (cas d'une création de conduit vertical en situation intérieure, en configuration concentrique) ;
- conduits concentriques « lame d'air » : le conduit intérieur assure l'évacuation des produits de combustion et l'espace annulaire réalisé entre les conduits intérieur et extérieur sert d'isolation (cas d'une création de

conduit vertical en situation intérieure, en configuration séparée) ;

- conduit isolé (cas d'une création de conduit vertical en situation extérieure, en configuration séparée) ;
- conduit flexible ou rigide simple paroi mis en place dans le conduit de fumée existant (tubage) (cas d'une réutilisation d'un conduit de fumée existant, en configuration concentrique ou séparée).

ATTENTION



En situation extérieure au bâtiment, le conduit doit être un conduit isolé.

L'air comburant peut être prélevé :

- dans l'espace annulaire situé entre deux conduits concentriques (cas d'une création de conduit vertical, en configuration concentrique) ;
- dans l'espace annulaire situé entre le conduit de fumée existant et son tubage (cas d'une réutilisation d'un conduit de fumée existant, en configuration concentrique) ;
- par l'intermédiaire d'un conduit rigide ou flexible et d'un terminal indépendant d'amenée d'air situé en façade (cas d'une création ou d'une réutilisation de conduit, en configuration séparée).

Une configuration d'installation dissociée (terminal indépendant d'amenée d'air en façade) doit être autorisée par le fabricant de la chaudière. Le professionnel doit se reporter aux prescriptions indiquées dans la notice de pose.

4.4.3.2 TERMINAL EN FAÇADE : ZONE 3

L'installation doit être à circuit de combustion étanche : la chaudière à granulés et le système d'évacuation des produits de combustion et d'amenée d'air auquel il est raccordé sont titulaires d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application (DTA).

Le conduit assurant l'évacuation des produits de combustion est concentrique. Il est monté exclusivement en situation intérieure. Le terminal, concentrique, se situe en façade. Il est implanté conformément aux règles définies pour la Zone 3 dans le Cahier des Prescriptions Techniques communes n°3708 ainsi que dans l'Avis Technique et la notice d'installation du système concerné.

L'air comburant alimentant la chaudière à granulés provient exclusivement de l'extérieur. Il est prélevé dans l'espace annulaire du conduit concentrique. Le conduit intérieur assure l'évacuation des produits de combustion tandis que le conduit extérieur assure l'amenée d'air comburant.

Une configuration avec des terminaux d'amenée d'air et d'évacuation des produits de combustion dissociée est interdite en zone 3. Le conduit est obligatoirement de type concentrique.

On donne (Figure 10) l'illustration d'une chaudière à granulés à circuit de combustion étanche raccordé sur un système d'évacuation des produits de combustion en zone 3.

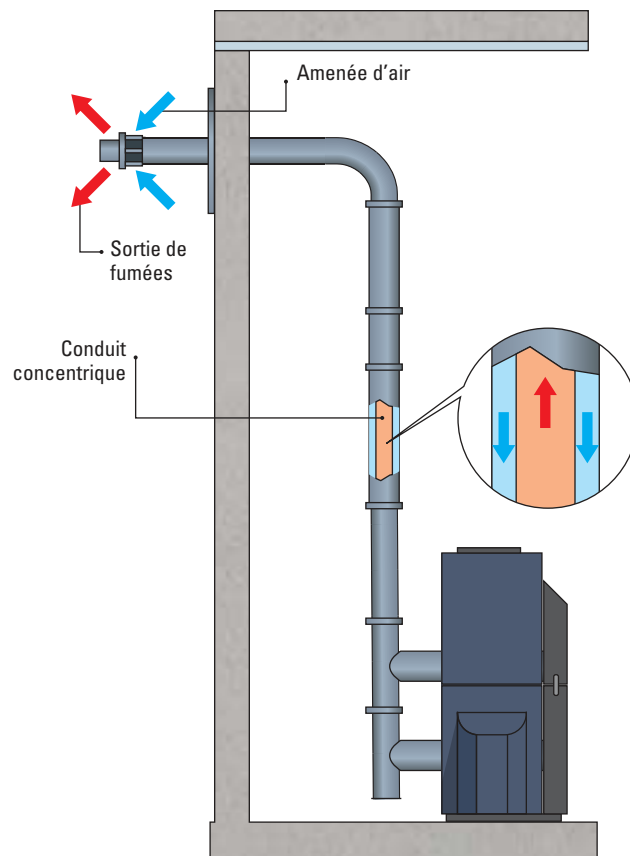


FIGURE 10 Illustration d'une chaudière à granulés raccordée sur un système d'évacuation des produits de combustion – Zone 3

4.4.4 DIFFÉRENTES CONFIGURATIONS D'INSTALLATION

Le (Tableau 1) présente les différentes configurations d'installation possibles d'une chaudière à granulés en rénovation.

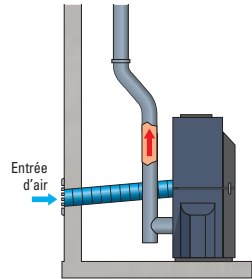
Débouché des fumées en Zone 1 uniquement

Appareil	Evacuation des fumées	Amenée d'air	Schéma
Ouvert (chaudière non-étanche)	CF	Orifice dans une paroi donnant sur l'extérieur	Le schéma illustre une chaudière installée dans une pièce. Un conduit de fumée vertical s'élève de la chaudière et traverse la paroi extérieure. À l'extérieur, le conduit est protégé par une grille anti-rongeurs et anti-insectes. Un orifice dans la paroi permet l'entrée d'air frais, également protégé par une grille anti-rongeurs et anti-insectes.
Ouvert (chaudière non-étanche)	CF	Par transit depuis une zone ventilée en permanence sur l'extérieur	Le schéma illustre une chaudière installée dans une pièce. Un conduit de fumée vertical s'élève de la chaudière et traverse la paroi extérieure. À l'extérieur, le conduit est protégé par une grille anti-rongeurs et anti-insectes. Une zone non chauffée et ventilée en permanence est créée entre la chaudière et la paroi extérieure, permettant l'entrée d'air frais par une grille anti-rongeurs et anti-insecte.

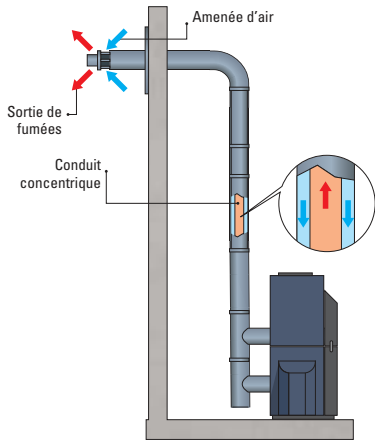
Terminal en Zone 1 et 2

Appareil	Evacuation des fumées	Amenée d'air	Schéma
Circuit de combustion étanche	EVAPDC – CC	Terminal concentrique vertical	
	EVAPDC – T	Terminal concentrique vertical	
	EVAPDC – CC lame d'air	Orifice avec conduit en façade	
	EVAPDC – CI	Orifice avec conduit en façade	

Terminal en Zone 1 et 2

Appareil	Evacuation des fumées	Amenée d'air	Schéma
Circuit de combustion étanche	EVAPDC – T	Orifice avec conduit en façade	

Terminal en Zone 3

Circuit de combustion étanche	EVAPDC – CC	Terminal concentrique horizontal	
-------------------------------	-------------	----------------------------------	---

EVAPDC : Système d'évacuation des produits de combustion

CF : Conduit de fumée

CC : Conduit concentrique

CI : Conduit isolé

T : Conduit rigide ou flexible mis en place dans le conduit de fumée existant (tubage)

TABEAU 1 Différentes configurations d'installation d'une chaudière à granulés en rénovation

5

VALIDATION DE LA SOLUTION TECHNIQUE

5

1

PRÉ-DIAGNOSTIC DE L'INSTALLATION EXISTANTE

ATTENTION



Une simple visite engendre la responsabilité du professionnel et la nécessité d'alerter le client par écrit si une non-conformité est constatée.

Afin de tenir compte de l'installation existante et d'aider le professionnel dans le choix de la décision, un pré-diagnostic permet de vérifier rapidement si la mise en place d'une chaudière à granulés est possible ou non. Une visite sur site est indispensable.

Le pré-diagnostic de l'installation permet au professionnel d'identifier :

- les besoins du client (choix du matériel adéquat, choix du type de silo le mieux adapté, identifier et calculer les besoins de chauffage et/ou d'ECS) ;
- les matériels de chauffage de base ou d'agrément déjà en place et à remplacer ;
- les réseaux de chauffage et d'ECS existants ;
- les conduits de fumée existants pouvant être réutilisés ;

- les espaces disponibles pour l'implantation de la chaudière à granulés ;
- les espaces disponibles pour le stockage des granulés de bois ;
- la présence ou l'absence d'orifices de ventilation adéquats au sein de ces espaces (pour l'implantation de la chaudière et/ou du silo de stockage combustible) ;
- le type de silo de stockage le plus pertinent (préfabriqué, textile ou métallique, ou bien sur-mesure) ;
- l'accessibilité du site pour la livraison de combustible ;
- les travaux nécessaires à la création de la nouvelle installation ;

Grâce au pré-diagnostic, le professionnel est à même de projeter dans la géométrie des lieux la future emprise de l'installation.

NOTE



Outre le marquage CE nécessaire au choix du matériel, des critères plus restrictifs de rendements et d'émissions de certains produits de combustion peuvent être exigés pour donner lieu à des avantages fiscaux ou des aides financières (prêt à taux préférentiel, ...).

5

2

DIAGNOSTIC DE L'INSTALLATION EXISTANTE

Pour mener le diagnostic, il convient de se munir du matériel suivant :

- mètre (mètre à ruban, mètre-laser, mètre souple) et fournitures de dessins pour les plans (rapporteur, règle...);
- appareil photo ;

- matériels d'intervention sur les conduits de fumée tels que caméra de conduit, jumelles, miroirs, dérouleur (flexible), cannes, déprimomètre.

Les principaux paramètres à prendre en compte lors de la visite sur site sont exposés ci-après.

5.2.1 CONFORMITÉ DU CONDUIT DE FUMÉE

Si un conduit existant est déjà en place, une vérification de sa conformité s'impose pour savoir s'il est réutilisable avec le nouvel appareil. Le professionnel doit se conformer à l'annexe C « Diagnostic des conduits de fumée existants » de la NF DTU 24.1 P1.1.1.

Le diagnostic comprend, dans la mesure du possible, les vérifications suivantes :

- compatibilité avec les produits de combustion de l'appareil à granulés (température, corrosivité...);
- conformité du tracé du conduit (allure verticale avec deux dévoiements au maximum);
- section interne de conduit en fonction de la puissance du futur appareil ;
- respect de la distance de sécurité par rapport au matériau non classé A1 ou A2s1d0 ;
- l'isolation du conduit ;
- la mise en œuvre des éléments d'habillage et de coffrage ;

- la vacuité du conduit ;
- la visite, si nécessaire, par une caméra à l'intérieur du conduit ;
- l'étanchéité du conduit (par un test fumigène) notamment si ce dernier sert à l'amenée d'air comburant (cas d'un système d'évacuation des produits de combustion avec réutilisation d'un conduit de fumée existant en configuration concentrique).

La plaque signalétique du conduit doit comporter des indications sur certains de ces points.

Si le conduit n'est pas compatible avec la future installation, il doit alors être réhabilité par un tubage, un autre procédé équivalent (comme le chemisage) ou par la mise en place d'un nouvel ouvrage. La réhabilitation des conduits existants est abordée au chapitre 6.5.4 de cet ouvrage.

NOTE



La norme NF DTU 24.1 P1.1.1 est le texte de référence concernant la mise en œuvre et le diagnostic des installations de conduit de fumée. Des compléments d'informations sont également disponibles dans les Recommandations professionnelles « Chaudières à granulés – Mise en œuvre et mise en service ».

Pour les installations de chaudières à granulés de bois, les conduits de fumée métalliques doivent répondre aux exigences indiquées dans le (Tableau 2) ci-après :

Classe de température	Classe de pression	Classe de résistance à la condensation	Classe de résistance à la corrosion	Classe de résistance au feu de cheminée
$T_{xxx} \geq T_w$	N1 (Tirage naturel)	W (Résistant)	Classe 2	G (Résistant)

T_{xxx} : Température maximale admissible dans le conduit

T_w : Température des fumées de la chaudière à granulés

TABLEAU 2 Exigences vis-à-vis d'un conduit de fumée métallique pour une installation de chaudière à granulés de bois

5.2.2 EMPLACEMENT DE LA CHAUDIÈRE

Une première mise en plan et la création de croquis de montage est une étape importante pour déterminer les futures emprises de l'équipement, de son conduit de raccordement et du conduit de fumée.

Le relevé des cotes des pièces, des hauteurs sous plafond, des caractéristiques du plancher porteur et des matériaux en place dans les planchers, les murs et les éléments avoisinants (de nature combustible) est indispensable de façon à déterminer la faisabilité de l'installation.

Il est également nécessaire de relever les dimensions et emplacements des orifices de ventilation existants dans le local. En cas d'absence d'orifices ad-hoc, on évaluera la faisabilité de leur création en considérant notamment leur futur emplacement ainsi que leurs dimensions.

Pour finir, le choix de l'emplacement de l'appareil doit permettre de minimiser la distance avec le silo de stockage du combustible granulés.

5.2.3 TYPE ET EMPLACEMENT DU SILO DE STOCKAGE

Le diagnostic vise à choisir le type de silo – sur-mesure ou préfabriqué, textile ou métallique – et à déterminer l'emplacement potentiel du stockage des granulés de bois.

Rappelons que certains silos préfabriqués peuvent être placés en extérieur.

NOTE



Les systèmes préfabriqués sont simples de mise en œuvre comme d'usage. Ces silos sont bien adaptés à la majorité des installations de chaudière à granulés en logement individuel. Les silos construits sur mesure peuvent toutefois permettre d'optimiser l'espace notamment lorsqu'il existe des locaux exploitables disposant d'un mur sur l'extérieur (cave, garage, ...). Une telle configuration facilite en effet l'accès aux raccords de remplissage pour la livraison. La conception et la réalisation des silos sur mesure ne peut cependant être effectuée que par des professionnels qualifiés sous peine d'engendrer de graves risques pour la sécurité des personnes et des équipements.

Dans tous les cas, le choix de l'emplacement du silo de stockage doit permettre de minimiser la distance avec la chaudière et avec le point de livraison du combustible. La distance maximum admissible entre ce dernier et le silo est de 20 m de longueur de tuyau.

Le relevé des cotes des pièces, des hauteurs sous plafond, des caractéristiques du plancher porteur et des murs est indispensable de façon à déterminer la faisabilité de l'installation. Les dimensions de la pièce et la résistance

mécanique du plancher et des murs doivent en effet être suffisantes pour supporter le volume et le poids du stock de granulés.

En outre, si un silo préfabriqué est privilégié, le local dans lequel il sera placé doit être sec et bien ventilé (cf. 6.6.4)

La méthode proposée au chapitre 7 permet de déterminer les dimensions du silo et des bouches d'aération du local associé s'il s'agit d'un silo préfabriqué placé en intérieur.

5.2.4 DIAGNOSTIC DES BESOINS DE CHAUFFAGE ET D'ECS

Un diagnostic permet d'évaluer les besoins thermiques et de production d'ECS à couvrir et de déterminer les principales caractéristiques de l'appareil à mettre en œuvre. Il est nécessaire de relever les éléments qualitatifs caractérisant le bâtiment existant :

la zone climatique, l'altitude, la date de construction, la constitution de l'enveloppe avec ses différents matériaux, la ventilation, les équipements sanitaires, ...

5.2.4.1 DIAGNOSTIC THERMIQUE

Il est nécessaire de réaliser un calcul de déperditions du volume chauffé du logement. Ce calcul nécessite les informations suivantes :

- l'année de construction ou de rénovation de l'habitation ;
- la composition (matériaux et épaisseurs) des murs donnant sur l'extérieur ou sur les locaux non chauffés ;
- la surface intérieure de ces mêmes murs ;

- la surface de fenêtres et le type de vitrage ;
- la surface et le type de plancher et de plafond ;
- le système de ventilation.

La méthode de dimensionnement proposée au chapitre 7 permet de déterminer le besoin de chauffage du logement.

5.2.4.2 DIAGNOSTIC DES BESOINS D'EAU CHAUDE SANITAIRE

Si la production d'ECS par la chaudière est envisagée, il convient de réaliser un calcul des besoins annuels du logement. Ce calcul nécessite les informations suivantes :

- Nombre et types d'équipements sanitaires présents dans le logement

- Nombre d'occupants du logement

La méthode de dimensionnement proposée au chapitre 7 permet de déterminer les besoins de chauffage et d'ECS du logement.

5.2.5 CONFORMITÉ DE L'INSTALLATION HYDRAULIQUE

Avant toute installation de chaudière à granulés de bois, un diagnostic de l'installation et des équipements hydrauliques existants est indispensable. Celui-ci comprend le relevé :

- des générateurs de chauffage et d'eau chaude sanitaire en place ;
- des émetteurs de chaleur (radiateurs...), du stockage d'eau chaude sanitaire et des points de puisage ;
- du schéma hydraulique ;
- des éléments de sécurité (soupape, vase d'expansion, disconnecteur...).

La visite sur site est indispensable pour déterminer si la future installation de l'appareil éventuellement associé à un ballon d'hydro-accumulation est envisageable. Il convient de vérifier la mise en place des tuyauteries pour raccorder la chaudière à l'installation de chauffage et pour évacuer aux égouts les rejets de la soupape de sécurité.

6

LES RÈGLES DE CONCEPTION

6

1

OPTIMISER LE FONCTIONNEMENT DES APPAREILS DE CHAUFFAGE AUX GRANULÉS

La conception d'une installation de chauffage aux granulés requière certaines dispositions visant à garantir la pérennité des équipements et optimiser les performances globales.

En premier lieu, il convient de respecter les règles de dimensionnement de l'appareil (cf. 7.2).

Si la puissance de la chaudière est sous-évaluée, cela peut entraîner des temps de fonctionnement rallongés favorisant l'usure prématurée du matériel et dans le même temps un confort réduit pour les occupants.

A l'inverse, si la puissance de la chaudière est surévaluée, cela peut entraîner un fonctionnement en court-cycle de l'appareil à granulés. La répétition des cycles d'allumage s'avère en effet néfaste pour la durabilité des chaudières. C'est plus particulièrement le cas des chaudières faiblement modulantes.

Le rendement d'une chaudière à granulés de bois est fortement corrélé aux conditions de combustion. En particulier, il conviendra d'assurer une amenée d'air comburant suffisante à l'appareil ainsi qu'un tirage stable. D'autre part,

CONSEIL



On veillera en particulier à l'emplacement et aux dimensions des prises d'air extérieur du local technique dans lequel l'équipement sera installé (cf. 6.2)

la stabilité du tirage dépend des dimensions et du tracé des conduits d'évacuation des fumées, de l'emplacement du débouché des fumées mais également des vents dominants sur le site (cf. 6.5). L'installation d'un régulateur de tirage peut s'avérer nécessaire pour assurer des bonnes conditions de tirage. A ce sujet, il convient de suivre les recommandations du fabricant de la chaudière.

Une réserve d'eau chaude primaire peut être mise en œuvre entre la chaudière à granulés et le circuit de distribution. On parle d'hydro-accumulation. Cette réserve d'eau stocke, au moins en partie, l'énergie produite par le générateur. Celle-ci est ensuite restituée au chauffage (et éventuellement à l'eau chaude sanitaire) quand la chaudière est arrêtée. Le dimensionnement du ballon d'hydro-accumulation doit respecter les règles précisées au chapitre 7.3.1.

NOTE



La présence d'un ballon d'hydro-accumulation permet d'améliorer le rendement global de l'installation, notamment en mi-saison lorsque les besoins sont limités.

Pour finir, il convient de privilégier un combustible granulé de qualité favorisant le rendement de la chaudière et la durabilité de l'installation. 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 outre, utiliser un combustible de qualité 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, ...). Les granulés certifiés EN plus, NF Biocombustibles solides et DIN plus correspondent à la catégorie de combustible premium recommandée pour les chaudières domestiques.

COMMENTAIRE



Les agro-granulés sont exclus du périmètre de ces Recommandations Professionnelles.

6**2**

LOCAL TECHNIQUE

La chaudière à granulés de bois doit être installée dans un local spécifique disposant obligatoirement d'un conduit de fumée.

Les dimensions de ce local doivent être suffisantes pour accueillir la chaudière et, le cas échéant, les ballons de stockage ECS et d'hydro-accumulation. Il convient par ailleurs de prévoir des espaces libres autour de la chaudière afin de faciliter son utilisation et son entretien. Veiller également à ce que l'accès au local (porte, escalier, couloir, etc.) permette le passage des différents équipements.

L'emplacement du générateur doit être choisi de manière à minimiser la distance avec le local de stockage des granulés de bois. La distance maximale admissible entre les deux dépend en dernier ressort des caractéristiques du système d'extraction et de convoyage des granulés.

Il convient de se référer aux recommandations du fabricant en la matière.

Le local technique doit par ailleurs être correctement ventilé afin d'assurer une amenée d'air comburant suffisante à la chaudière. En outre, l'aération du local a également pour fonction d'empêcher l'accumulation potentielle de monoxyde de carbone et d'autres particules et gaz toxiques, ainsi que de permettre le fonctionnement correct des modérateurs de tirage.

Pour assurer une ventilation suffisante du local, ce dernier devra donc obligatoirement être équipé de deux prises d'amenée d'air haute et basse donnant soit directement sur l'extérieur, soit sur un local ou un espace ventilé sur l'extérieur. Les prises d'air sur l'extérieur seront orientées de préférence face aux vents dominants.

6**3**

FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE

Le système de chauffage est conçu et sécurisé conformément à la norme NF DTU 65.11.

6.3.1 LE CIRCUIT PRIMAIRE

Le circuit primaire doit comporter certains organes indispensables au bon fonctionnement et à la sécurité de l'ensemble de l'installation. Certains de ces équipements

protègent notamment la chaudière contre les surpressions et les surchauffes ou contre les retours froids et le risque de condensation des fumées.

6.3.1.1 SOUPAPE DE SÉCURITÉ

La soupape de sécurité de surpression est obligatoire pour les installations de chauffage en réseau d'eau fermé. Si la chaudière n'est pas équipée d'une soupape de sécurité, cet élément doit être installé aussi près que possible du générateur. En outre, aucune vanne d'arrêt ne doit se trouver entre le générateur et la ou les soupape(s) de sécurité. Enfin la soupape est conforme à la norme NF

P 52-001 et sa mise en œuvre répond aux exigences de la norme NF DTU 65.11.

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%.

ATTENTION



Selon les dispositions de la NF DTU 65.11, la soupape doit pouvoir décharger en toute sécurité. Le cas échéant, la canalisation de l'évacuation vers l'égout doit pouvoir supporter des températures d'eau équivalentes à la température de mise en sécurité de la chaudière (proche de 100°C pour la plupart des modèles).

6.3.1.2 VASE D'EXPANSION

Un vase d'expansion fermé à pression variable doit être installé 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 pré-

férence en amont de la chaudière et en amont du circulateur. Le dimensionnement du vase d'expansion est abordé au chapitre 7.3.3.

6.3.1.3 DISCONNECTEUR

L'installation de chauffage doit être équipée de dispositifs capables de remplir l'installation et d'ajuster le niveau d'eau. Pour les installations de puissance inférieure à 70 kW raccordée au réseau d'eau potable, la réglementation impose d'installer un disconnecteur de type CA. Un ensemble de

protection EA, composé d'un clapet anti-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.

6.3.1.4 VANNE MÉLANGEUSE ANTI-RETOURS FROIDS

Pour éviter la condensation humide et acide dans la chaudière, la température de retour d'eau doit être supérieure au point de rosée des fumées. Il est donc impératif d'assurer des retours chauds à l'appareil. La température minimale en entrée de la chaudière (par exemple, 60°C) est indiquée dans la notice du générateur.

Pour assurer des retours chauds, le fabricant de la chaudière peut demander la mise en œuvre d'une vanne mélangeuse anti-retours froids. Alternativement, le dispositif anti-retours froids peut être directement intégré dans la chaudière (bipasse ou vanne de mélange). Il convient donc

de se référer aux instructions du fabricant et à ses conditions de garantie.

La vanne mélangeuses anti-retours froids peut prendre la forme d'une vanne à trois voies thermostatique (qui 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 chaudière pilote le moteur de la vanne à trois voies). La voie commune de la vanne mélangeuse est installée à l'aspiration du circulateur.

Ces dispositifs sont généralement vendus en option par les fabricants de chaudières.

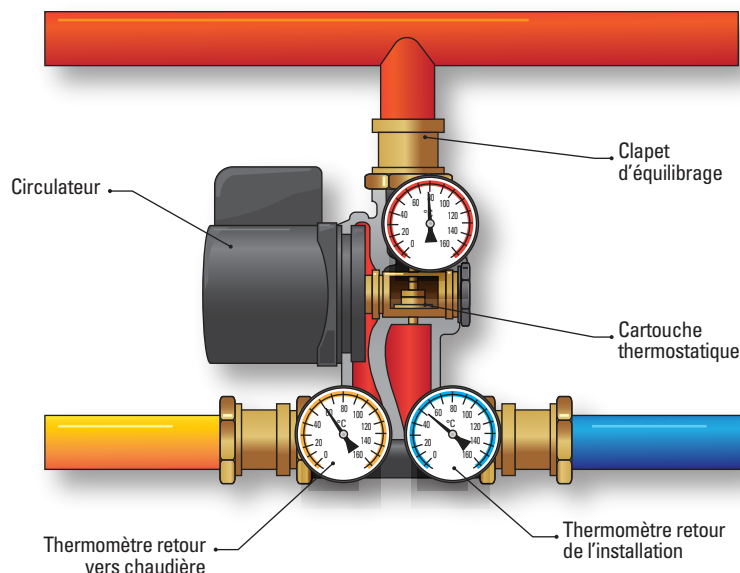


FIGURE 11 Exemple de vanne mélangeuse anti-retours froids

COMMENTAIRE



Il existe également des modèles de vannes mélangeuses anti-retours froids intégrant une vanne trois voies motorisée à la place du circulateur.

6.3.1.5 BALLON D'HYDRO-ACCUMULATION

La mise en œuvre d'un ballon d'hydro-accumulation est recommandée dans les cas suivants :

- Installation sur plancher chauffant basse température ;
- Chaudière faiblement modulante ;
- Chaudière surdimensionnée.

Selon les modèles de chaudière, un ballon hydro-accumulation peut également être recommandé dans d'autres configurations. A ce titre, il convient de consulter la documentation du générateur et de suivre les instructions du fabricant.

La présence d'un ballon hydro-accumulation peut par ailleurs contribuer à améliorer les performances globales d'une installation, en particulier pour les chaudières faiblement modulantes. Il permet un fonctionnement optimal en mi-saison, lorsque le réseau de distribution est peu utilisé.

Le générateur peut alors fonctionner plus longtemps sans risquer de se mettre intempestivement en arrêt lorsqu'il atteint prématurément sa consigne sur l'eau.

Le ballon d'hydro-accumulation se place en dérivation entre la chaudière à granulés et le circuit de chauffage. Il peut être à 2 ou 4 piquages. 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.

Une configuration à 4 piquages est illustrée (Figure 12). 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).

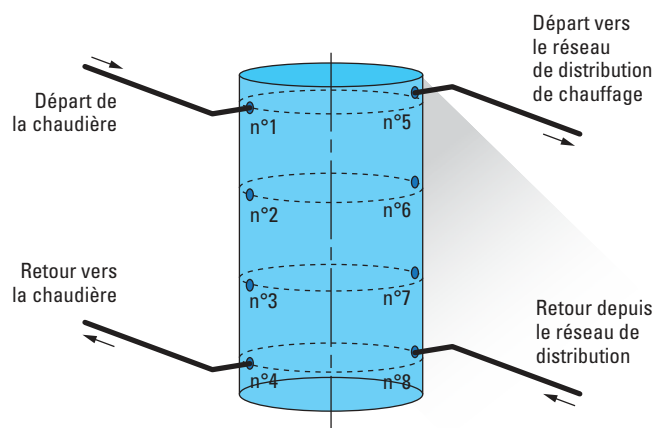


FIGURE 12 Raccordement du ballon d'hydro-accumulation à quatre piquages

Une configuration à 2 piquages est illustrée (Figure 13). 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.

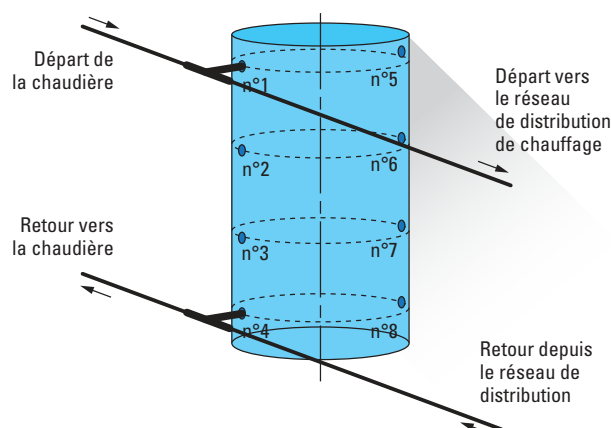


FIGURE 13 Raccordement du ballon d'hydro-accumulation à deux piquages

6.3.1.6 CIRCULATEUR

Cet organe permet la circulation de l'eau dans la boucle primaire de la chaudière. Le fonctionnement du circulateur doit être asservi à la température d'eau en sortie de la chaudière. Il est commandé par le régulateur/comparateur de l'aquastat du circuit primaire alimentant la chau-

dière afin de fournir une température suffisante en sortie. 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.

6.3.1.7 VANNE DE RÉGLAGE DU DÉBIT

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

afin que le débit soit conforme à celui spécifié par le fabricant de la chaudière.

NOTE



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).

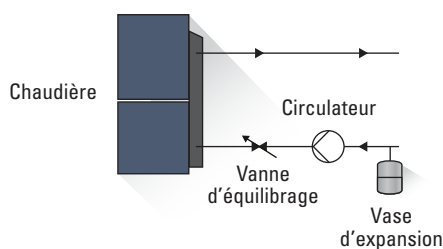


FIGURE 14 Positionnement correct du circulateur et de la vanne de réglage du débit sur le circuit primaire

6.3.1.8 AUTRES PRESCRIPTIONS

Conformément à la norme NF DTU 65.11, le circuit primaire dispose :

- d'un robinet de vidange au point bas ;
- d'un manomètre gradué en bar ;
- de deux thermomètres gradués en degré Celsius en entrée et en sortie de la chaudière.

6.3.2 LE CIRCUIT SECONDAIRE

Le ou les circuit(s) secondaire(s) comporte(nt) différents organes indispensables au bon fonctionnement et à la sécurité de l'ensemble de l'installation.

6.3.2.1 PURGEURS D'AIR

L'installation doit comporter un purgeur à chaque point haut du réseau. Il est également conseillé d'équiper le générateur ou le ballon d'hydro-accumulation (si présent) d'un

purgeur. Les purgeurs automatiques doivent être associés à une vanne d'isolement.

COMMENTAIRE



Il est également possible de mettre en place des séparateurs d'air éventuellement équipés de purgeurs automatiques.

6.3.2.2 CIRCULATEUR

Il convient d'équiper chaque circuit de distribution secondaire d'un circulateur. Ce dernier est placé en aval de la vanne trois voies de régulation. Comme pour le primaire, le circulateur du circuit secondaire doit être asservi à la

température en sortie de chaudière (cf. 6.3.1.6) et doit en outre pouvoir résister aux températures de fonctionnement.

6.3.2.3 VANNE DE RÉGULATION

Les circuits secondaires de distribution chauffage doivent comporter une vanne trois voies de régulation permettant de moduler la température d'eau selon la température extérieure (loi d'eau) et/ou de limiter la température cir-

culant dans les émetteurs basse température comme les planchers chauffants.

La vanne de régulation doit être disposée sur le circuit selon un montage en mélange comme indiqué sur la [Figure 15].

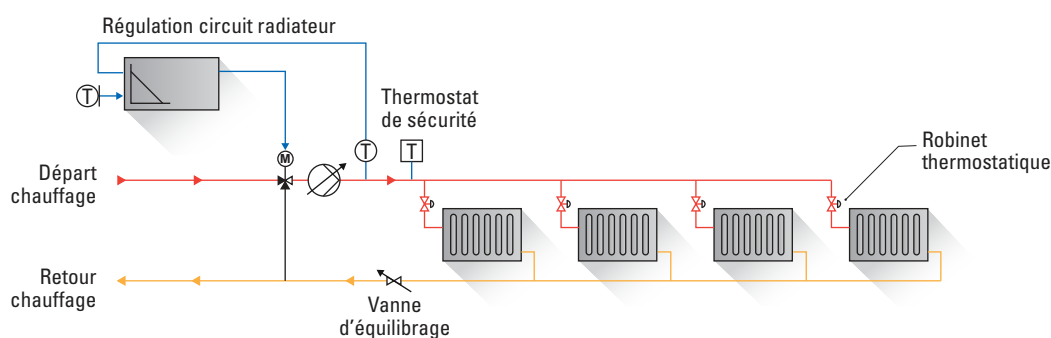


FIGURE 15 Montage en mélange d'une vanne trois voies de régulation

Pour une régulation optimale, on privilégiera les vannes à piston dont la caractéristique est dite « à égale pourcentage ».

6.3.2.4 ROBINETS THERMOSTATIQUES

Les émetteurs de chauffage à eau chaude doivent être équipés de robinets thermostatiques sauf en cas d'impossibilité technique.

CONSEIL



Dans les pièces disposant d'un thermostat ambiant de régulation du chauffage, il convient de conserver des robinets manuels ou de régler les robinets thermostatiques sur l'ouverture maximum.

6.3.2.5 PRODUCTION D'ECS

La production d'eau chaude sanitaire peut être réalisée :

- par bain-marie dans le ballon d'hydro-accumulation (si présent). 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 avec un circulateur ECS permettant la charge d'un préparateur indépendant
- par un préparateur (instantané) avec un échangeur à plaques ;

Dans les deux derniers cas, si l'installation comprend un ballon hydro-accumulation, le préparateur doit être raccordé au départ de celui-ci sur deux piquages dédiés.

6

4

LES SCHÉMAS HYDRAULIQUES TYPES

6.4.1 CHAUFFAGE UNIQUEMENT SANS BALLON HYDRO-ACCUMULATION

Ce schéma comporte une chaudière à granulés qui alimente un circuit de chauffage (radiateurs ou plancher chauffant). Il convient de suivre les recommandations du

fabricant concernant l'intégration éventuelle d'un ballon hydro-accumulation [cf. 6.4.2].

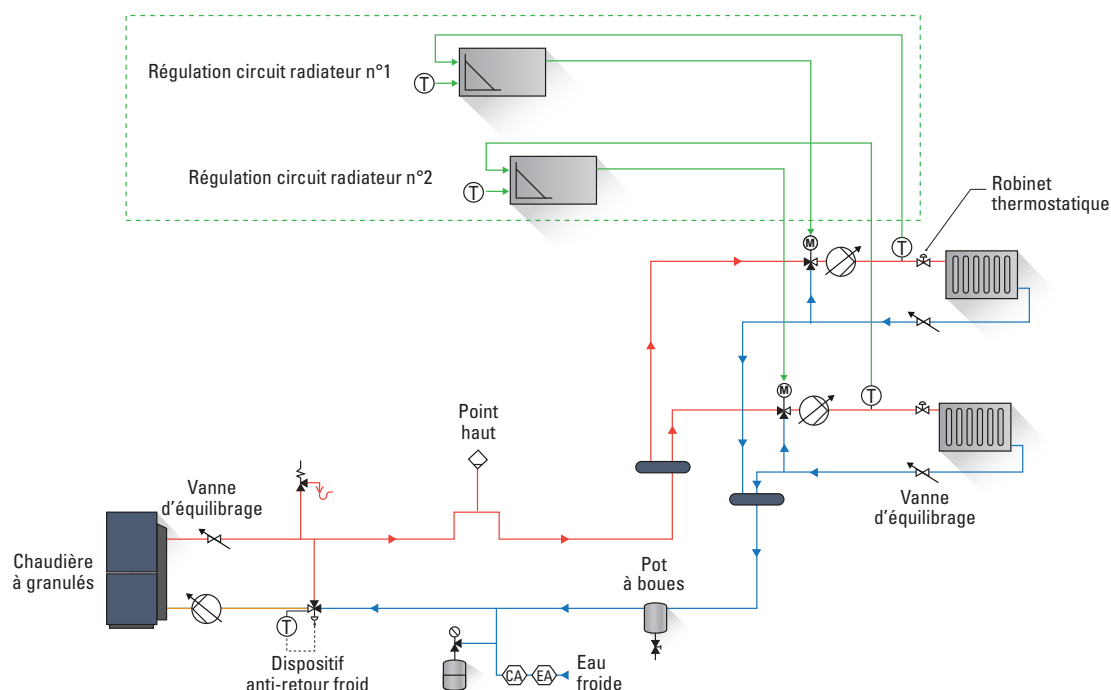


FIGURE 16 Schéma hydraulique d'une chaudière à granulés modulante pour une production de chauffage seul (radiateurs ou plancher chauffant) sans hydro-accumulation

Dans le cas où les circuits primaire et secondaire ne partagent pas le même régime de température, il convient de les découpler au moyen d'une bouteille de découplage

ou d'un ballon d'hydro-accumulation. C'est en particulier le cas pour les planchers chauffants.

ATTENTION



Dans le cas d'un circuit avec plancher chauffant, un thermostat de sécurité à réarmement manuel doit être mis en place sur le circuit de distribution. Ce dispositif coupe la fourniture de chaleur lorsque la température d'eau au départ du circuit dépasse 65°C.

6.4.2 CHAUFFAGE UNIQUEMENT AVEC BALLON HYDRO-ACCUMULATION

Ce schéma comporte une chaudière à granulés qui alimente un circuit de chauffage (radiateurs ou plancher

chauffant). Il intègre également un ballon d'hydro-accumulation.

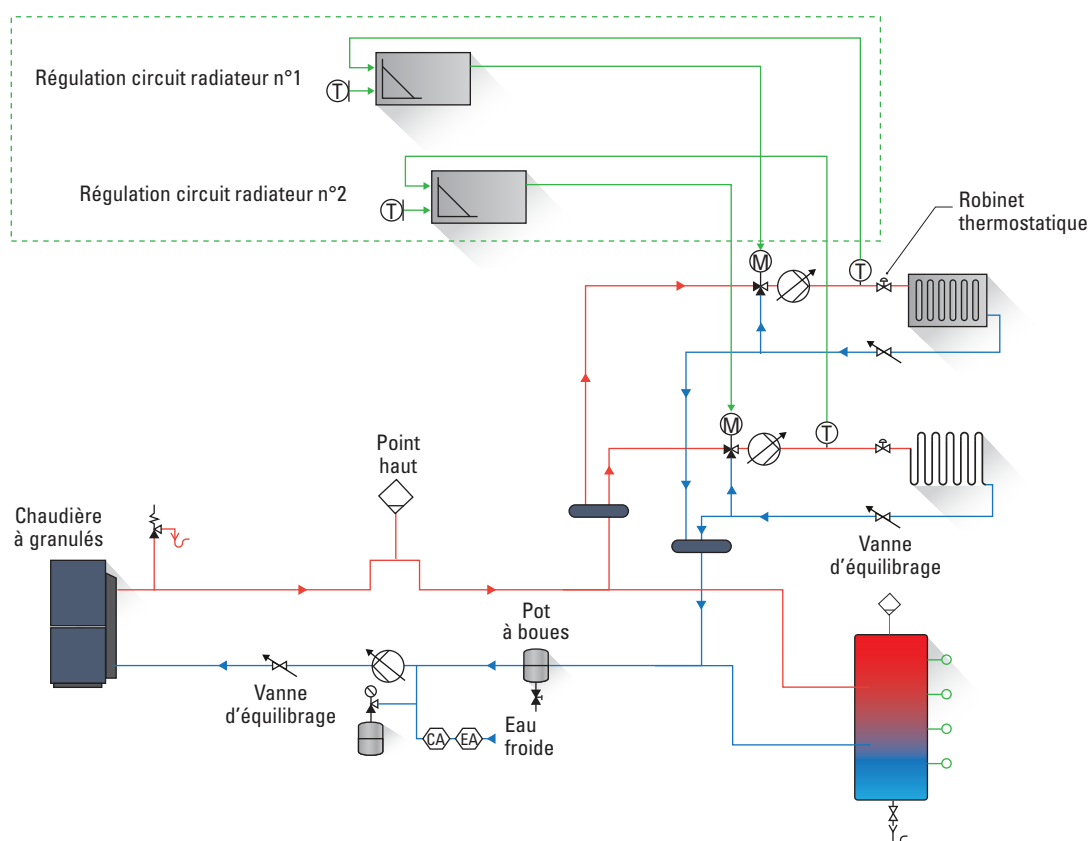


FIGURE 17 Schéma hydraulique d'une chaudière à granulés modulante pour une production de chauffage seul (radiateurs ou plancher chauffant) avec hydro-accumulation

COMMENTAIRE



Dans ce schéma (Figure 17), le dispositif anti-retours froids est intégré à la chaudière.

Afin d'optimiser au maximum l'énergie stockée par l'hydro-accumulation, il convient de privilégier un régime de chauffage basse-température. Le ballon d'hydro-accumulation se place en dérivation entre la chaudière et le circuit de chauffage. 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 (pot 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.

NOTE



L'installation d'une vanne à 4 voies en aval du ballon d'hydro-accumulation est à proscrire. Celle-ci peut engendrer une déstratification du ballon d'hydro-accumulation lorsque le réseau de chauffage est faiblement sollicité (circulation par thermosiphon).

6.4.3 CHAUFFAGE ET ECS SANS BALLON HYDRO-ACCUMULATION

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

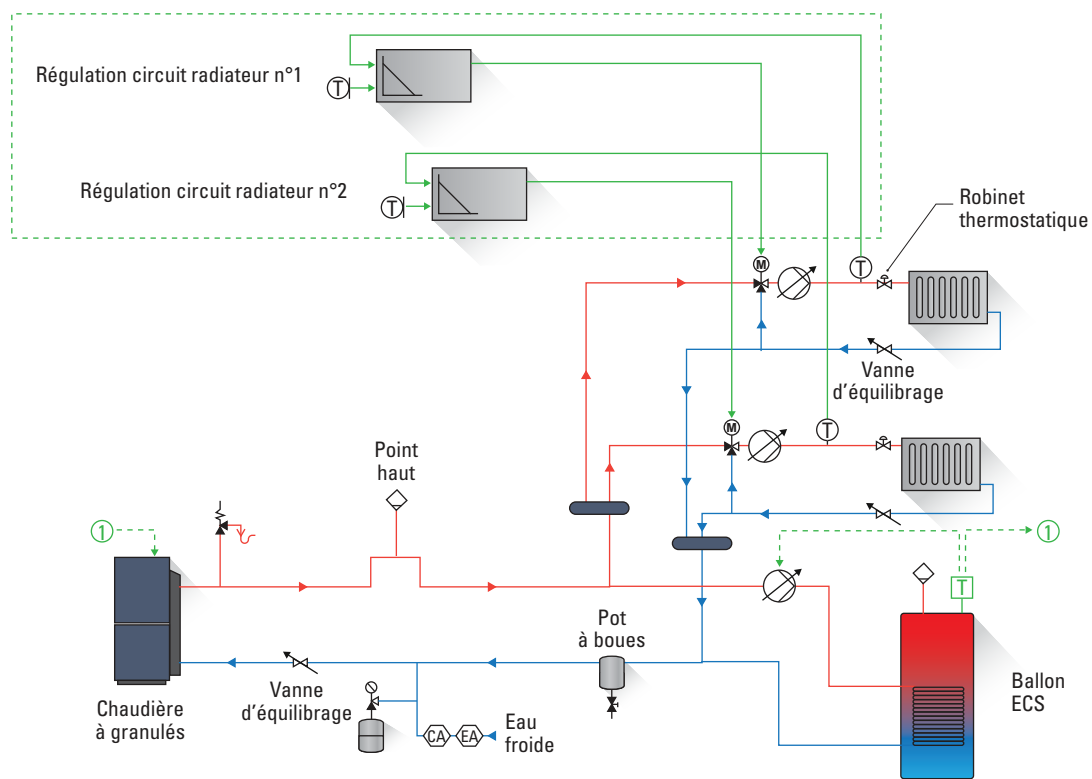


FIGURE 18 Schéma hydraulique d'une chaudière à granulés modulante sans hydro-accumulation pour une production de chauffage et d'ECS

COMMENTAIRE



Dans ce schéma (Figure 18), le dispositif anti-retours froids est intégré à la chaudière.

Dans le cas où les circuits primaire et secondaire ne partagent pas le même régime de température, il convient de les découpler au moyen d'une bouteille de découplage.

6.4.4 CHAUFFAGE ET ECS AVEC BALLON HYDRO-ACCUMULATION

Ce schéma comporte une chaudière à granulés qui alimente un circuit de chauffage (radiateurs ou plancher) et

un système de production d'ECS. Il intègre également un ballon d'hydro-accumulation.

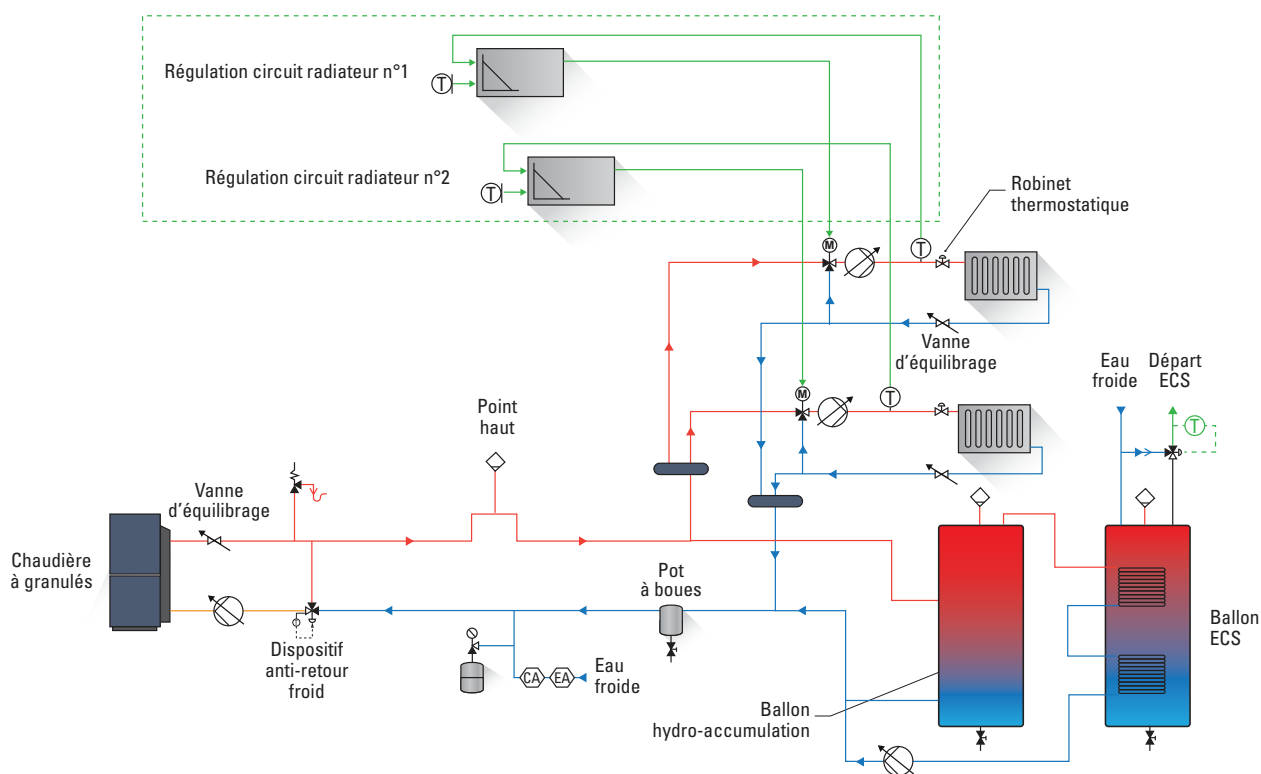


FIGURE 19 Schéma hydraulique d'une chaudière à granulés modulante avec hydro-accumulation pour une production de chauffage et d'ECS

Afin d'optimiser au maximum l'énergie stockée par l'hydro-accumulation, il convient de privilégier un régime de chauffage basse-température.

Le ballon d'hydro-accumulation se place en dérivation entre la chaudière et le circuit de chauffage.

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 (pot 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.

NOTE



L'installation d'une vanne à 4 voies en aval du ballon d'hydro-accumulation est à proscrire. Celle-ci peut engendrer une déstratification du ballon d'hydro-accumulation lorsque le réseau de chauffage est faiblement sollicité (circulation par thermosiphon).

6

5

EVACUATION DES FUMÉES

L'évacuation des produits de combustion peut être assurée par :

- un conduit de fumée prévu pour le raccordement à des chaudières granulés ;
- un système d'évacuation des produits de combustion (ou EVAPDC) prévu pour le raccordement à des chaudières à granulés à circuit de combustion étanche ou non.

Leur mise en œuvre est réalisée conformément :

- à la NF DTU 24.1 si la technique est reconnue traditionnelle ;
- à l'Avis Technique ou au Document Technique d'Application (DTA) si la technique est reconnue non traditionnelle.

NOTE



La technique est reconnue traditionnelle dès lors que la zone d'implantation et la position du débouché des fumées est conforme à l'article 18 de l'arrêté du 22 octobre 1969 relatif aux conduits de fumée desservant des logements et que le conduit est conforme à la NF DTU 24.1.

La suite de ce chapitre traite des points essentiels de la norme NF DTU 24.1 concernant la conception et la mise en œuvre des conduits de fumée et de raccordement.

6.5.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

Le (Tableau 3) donne, suivant le type de conduit de fumée, les règles techniques existantes s'y rapportant.

Type de conduit de fumée	Références
Conduit de fumée (en conception)	NF EN 15287-1
Conduit de fumée métallique rigide simple paroi et isolé	NF DTU 24.1 P1.1.1 (parties 10 et 13)
Conduit de fumée en béton	NF DTU 24.1 P1.1.1 (partie 9)
Conduit de fumée en brique et terre cuite	NF DTU 24.1 P1.1.1 (partie 8)
Conduit de fumée tubé	NF DTU 24.1 P1.1.1 (partie 15)
Conduit de fumée chemisé	NF DTU 24.1 P1.1.1 (partie 14)
Autre procédé (isolation de tubage flexible, résine thermodurcissable...)	Avis Technique

TABEAU 3 Règles existantes traitant de la mise en œuvre du conduit de fumée

La mise en œuvre des procédés et techniques sous Avis Technique (par exemple, les conduits avec un revêtement en céramique) sont traités dans les spécifications de ces produits.

Lors de la mise en œuvre du conduit de fumée toutes les précautions doivent être prises pour permettre leur libre

dilatation, en particulier pour les conduits métalliques. Un jeu doit ainsi être conservé lors des traversées d'ouvrage (planchers, murs...) ou au niveau des éléments structurels de guidage selon les préconisations de pose du fabricant.

6.5.2 CLASSIFICATION DES CONDUITS DE FUMÉE

Les différents types de conduits d'évacuation des fumées sont décrits par une nomenclature de six indicateurs représentant dans l'ordre :

- La classe de température : température maximale des fumées admissible dans le conduit ;
- La classe de pression : indiquant si le conduit est en tirage naturelle ou sous pression ;
- La classe de résistance aux condensats : selon que le conduit supporte ou non la condensation ;
- La classe de résistance à la corrosion : dépendant principalement du type de combustible ;
- La classe de résistance aux feux de cheminée : selon que le générateur est ou non à combustible solide ;
- La distance de sécurité : distance minimale, exprimée en [mm], à respecter entre la paroi extérieure du conduit et les éléments combustibles adjacents.

La (Figure 19) présente un exemple de désignation de conduit de fumée.

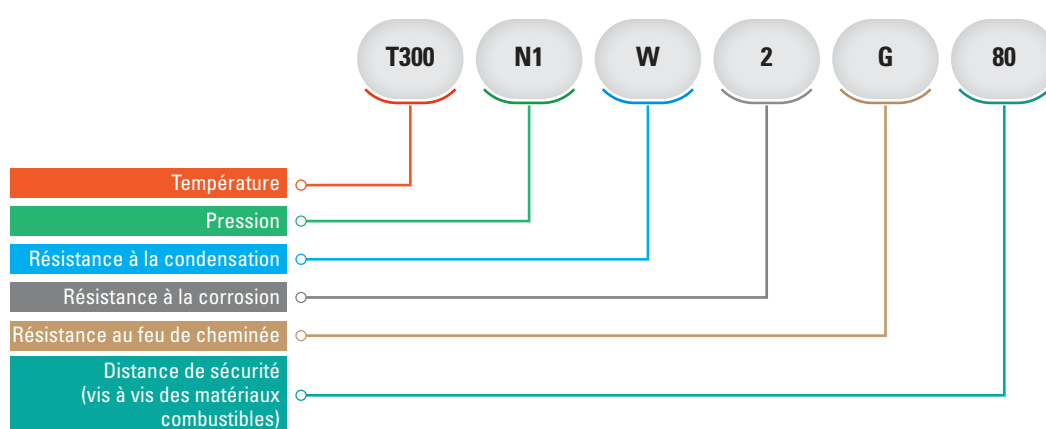


FIGURE 20 Exemple de désignation d'un conduit de fumée

ATTENTION



La mise en place d'une plaque signalétique est obligatoire pour identifier le conduit. La plaque signalétique est positionnée en bas de conduit au niveau de l'orifice d'entrée vers le conduit de raccordement (ou à proximité dans les autres cas). Elle peut être, pour un tubage uniquement, fixée au niveau du débouché (sur le couronnement).

Pour les installations de chaudières à granulés de bois, les conduits de fumée métalliques doivent répondre aux exigences indiquées dans le (Tableau 4) ci-après :

Classe de température	Classe de pression	Classe de résistance à la condensation	Classe de résistance à la corrosion	Classe de résistance au feu de cheminée
$T_{xxx} \geq T_w$	N1 (Tirage naturel)	W (Résistant)	Classe 2	G (Résistant)

T_{xxx} : Température maximale admissible dans le conduit

T_w : Température des fumées de la chaudière à granulés

TABEAU 4 Exigences vis-à-vis d'un conduit de fumée métallique pour une installation de chaudière à granulés de bois

La norme NF DTU 24.1 précise les distances de sécurité minimales entre les différents types de conduits de fumée et les éléments combustibles adjacents. Dans le cas où

le fabricant du conduit de fumée indiquerait une valeur différente, il convient de respecter la plus grande des deux valeurs.

6.5.3 IMPLANTATION ET PARCOURS

Dans le cas d'une installation de chaudière à granulés le conduit de fumée peut être installé en intérieur ou en extérieur.

La section intérieure et la forme du conduit de fumée doivent être constantes sur toute sa hauteur. Le tracé doit être d'allure verticale et ne peut comporter que deux dévoiements au maximum.

Le débouché du conduit (Figure 20) doit être situé à :

- au moins 40 cm au-dessus de toute partie de construction distante de moins de 8 mètres ;
- dans le cas de toiture-terrasse ou de pente de toit inférieure à 15°, au moins à 1,20 m au-dessus du point de sortie de la toiture et à 1 m au moins au-dessus de l'acrotère lorsque celui-ci est supérieur à 20 cm et de toute partie de construction distante de moins de 8 m.

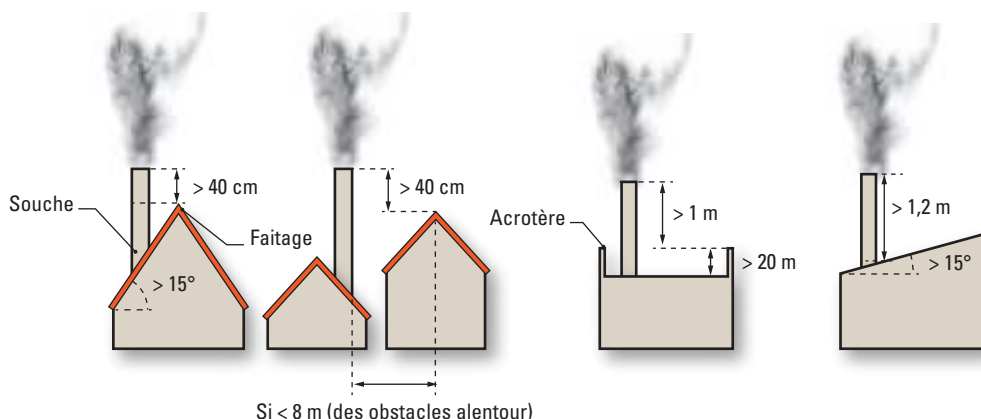


FIGURE 21 Emplacements du débouché du conduit de fumée traditionnel selon l'arrêté du 22 octobre 1969

En l'absence de té avec purge en pied de conduit et sans évacuation des condensats, le débouché du conduit doit être protégé par un dispositif permettant d'éviter l'entrée de pluie.

6.5.4 RÉUTILISATION D'UN CONDUIT EXISTANT

6.5.4.1 PROLONGEMENT D'UN CONDUIT EXISTANT

Le prolongement d'un conduit existant par le haut ou par le bas doit respecter certaines exigences. Dans la mesure du possible, il convient de réaliser un prolongement avec les mêmes matériaux que ceux du conduit existant et à l'aide de composants identiques en assurant une conti-

nuité de l'ouvrage, emboîtement, étanchéité et résistance thermique.

Dans tous les cas, la forme d'origine du conduit doit être conservée. En cas d'impossibilité, le prolongement doit disposer d'un diamètre hydraulique au moins égale au diamètre hydraulique du conduit d'origine.

NOTE



Le diamètre hydraulique D_h correspond au diamètre d'un conduit circulaire entraînant les mêmes pertes de charges pour la même vitesse d'écoulement. Il est défini par la formule suivante : $D_h = 4 \times \text{section} / \text{périmètre}$

6.5.4.2 TUBAGE

La mise en œuvre des tubages métalliques est traitée dans la partie 15 du NF DTU 24.1 P1.1.1. Cette opération doit être effectuée par une entreprise qualifiée.

Le tubage d'un conduit existant consiste à insérer dans ce dernier un conduit métallique dont le rôle est de se substituer au conduit d'origine. En plus d'assurer l'étanchéité du conduit de fumée, le tube métallique permet de modifier :

- La section du conduit (selon la puissance du générateur) ;

- La classe de température ;
- Les distances de sécurité ;
- La protection contre les risques de corrosion et de bis-trage ;

Le tubage permet également d'adapter le conduit aux éventuelles conditions de fonctionnement de l'installation (condensation, circuit étanche, etc.). Enfin, le tubage peut améliorer l'isolation du conduit.

6.5.4.3 CHEMISAGE

La mise en œuvre des chemisages est traitée dans la partie 14 du NF DTU 24.1 P1.1.1. Cette opération doit être effectuée par une entreprise qualifiée.

Le chemisage d'un conduit existant consiste à enduire les parois intérieures de ce dernier afin de restituer son étanchéité, d'améliorer sa résistance thermique et de consolider sa structure. Contrairement au tubage, le chemisage

ne modifie pas les caractéristiques d'un conduit (classes de température, condensation, résistance aux feux de cheminée, etc.) ni les distances de sécurité. Toutefois, certains produits ou procédés sous Avis Technique ou Document Technique d'Application peuvent déroger à cette règle. Le chemisage est uniquement compatible avec un fonctionnement sans condensation de la chaudière.

NOTE



D'autres techniques de chemisage sous Avis Technique existent pour rénover un conduit existant (par exemple : résine thermodurcissable).

6.5.5 RACCORDEMENT DE PLUSIEURS APPAREILS À UN MÊME CONDUIT DE FUMÉE

Dans le cadre d'une installation individuelle, il est possible de raccorder plusieurs générateurs sur le même conduit de fumée à condition que ces derniers soient situés au même niveau et dans le même local. Le raccordement sur un même conduit de fumée est également autorisé si les générateurs sont situés dans deux locaux contigus situés au même niveau et communiquant entre eux par un passage libre d'au moins 0,4 m².

D'une façon générale, plusieurs appareils ne peuvent être raccordés sur un même conduit de fumée qu'à condition

que ce conduit soit compatible avec les produits de la combustion du ou des combustibles, et que ses caractéristiques soient telles qu'un tirage suffisant soit assuré dans toutes les conditions de fonctionnement.

Si l'un des générateurs est à combustible solide et l'autre à combustible gazeux ou liquide, il doit être installé une pièce permettant d'interdire le fonctionnement en simultané des deux appareils. Cette pièce doit disposer d'un Avis Technique.

CONSEIL



Selon les dispositions de la norme NF DTU 24.1, les chaudières granulés ne peuvent pas être raccordées sur le même conduit de fumée qu'un appareil de type foyer ouvert ou insert. Dans le cas d'un poêle et d'une chaudière à granulés, le raccordement sur un même conduit de fumée maçonné est autorisé à condition que chaque générateur dispose d'un tubage séparé.

ATTENTION



La norme NF DTU 24.1 autorise également la mise en œuvre de plusieurs tubes dans un conduit de fumée individuel maçonné. Chaque tube ne peut alors desservir qu'un seul appareil. Ce type de configuration est abordé dans la partie 15 de la norme (P1.1.1).

6

6

SILOS DE STOCKAGE

6.6.1 ACCESSIBILITÉ POUR LA LIVRAISON

Les granulés de bois sont le plus souvent livrés par camion souffleur. La livraison par camion à benne basculante est également possible. Dans tous les cas, il faut s'assurer que le silo soit accessible aux camions de livraison.

Le point de déchargement devra disposer d'une largeur de voie d'au moins 3 m sans contrainte de hauteur inférieure à 4 m. On tiendra également compte de la pente et des

dégradations potentielles de la voie suivant les conditions météorologiques (verglas, neiges, boues, ...).

Ne pas oublier non plus les contraintes imposées par le stationnement d'autres véhicules sur la voie. En outre, le camion ne doit pas créer d'obstruction de la circulation pendant la durée de la livraison et doit pouvoir se garer à un emplacement autorisé.

6.6.2 EMPLACEMENT DU SILO

Le choix de l'emplacement du silo de stockage des granulés de bois doit être fait de manière à limiter la distance avec le point de livraison tout en demeurant le plus près possible de la chaudière. Très souvent, le local sera ainsi placé dans une cave ou un garage mais il peut éventuellement être installé dans un local situé au-dessus de la chaudière.

En prévision des opérations de remplissage, la distance entre le point de stationnement du camion de livraison et le silo ne doit pas dépasser 30 [m] de tuyau au total selon la norme NF EN 20023. Toutefois une longueur inférieure à 20 m est généralement recommandée. De plus, on veillera particulièrement à éviter les torsions ou flexions importantes du tuyau afin de réduire les risques de déchirement.

ATTENTION



La distance maximale admissible entre le point de stationnement du camion de livraison et le silo dépend en dernier ressort du fournisseur de granulés. Celle-ci est en effet contrainte par la longueur du tuyau de soufflage des camions. Il convient donc de se renseigner auprès du futur fournisseur pour s'assurer de la faisabilité de la livraison.

La voie d'accès doit être appropriée au passage des camions livreurs. Pour cela, la largeur de la voie doit être supérieure à 3 [m] et sans obstacle en hauteur (hauteur libre de 4 [m] au minimum). En cas de stationnement du

camion sur la chaussée le temps de la livraison, celui-ci ne doit pas pouvoir obstruer le passage des autres véhicules. Il faut par ailleurs tenir compte du rayon de braquage et du tonnage des véhicules.

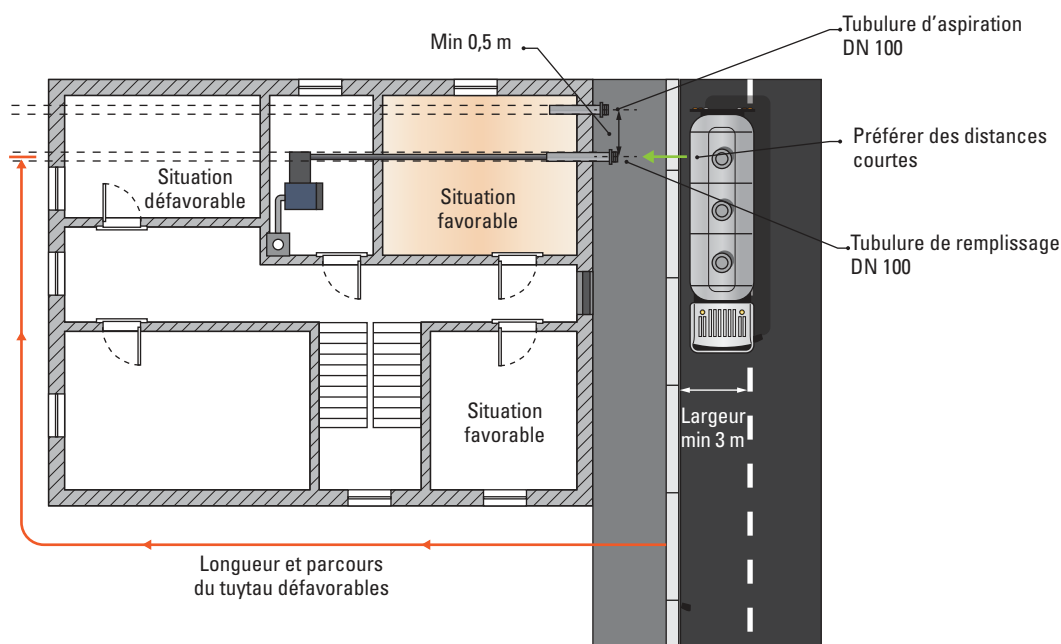


FIGURE 22 Localisation et accessibilité du silo de stockage

6.6.3 VENTILATION DU SILO

Le stockage des granulés de bois entraîne des émissions de gaz et particules toxiques pour l'organisme comme des COV (composants organiques volatiles), du dioxyde de carbone (CO_2) et du monoxyde de carbone (CO).

Pour cette raison, les silos et les locaux accueillant les silos doivent être isolés hermétiquement des pièces adjacentes de l'habitation et correctement ventilés, de préférence à l'air libre.

CONSEILS



Dans le cas d'un silo en tissu respirant, il est recommandé de mettre en place un détecteur avertisseur de monoxyde de carbone (CO) disposant d'une alarme sonore au sein du local d'implantation du silo. Le détecteur de CO doit être conforme à la norme NF EN 50291. La mise en place sera effectuée selon les prescriptions du fabricant. A minima, il convient d'éviter les points morts (angles au plafond, refends...) et les zones à proximité immédiate d'entrées d'air ou d'ouvrants. La pose est faite généralement à hauteur d'homme. L'autonomie et la fréquence d'entretien ou de remplacement du matériel sont spécifiées dans la notice.

6.6.4 PROTECTION CONTRE L'HUMIDITÉ

Les granulés de bois sont hygroscopiques. Cela signifie qu'il se dégradent au contact de l'eau : ils gonflent et se désagrègent. Les granulés sont alors incombustibles et peuvent bloquer le mécanisme d'extraction jusqu'à la chaudière.

Le silo doit donc être sec en permanence toute l'année. L'hygrométrie ne doit pas dépasser 80%. Si les parois présentent un risque d'humidité, même temporaire, il est recommandé de mettre en œuvre une protection anti-humidité adaptée (exemple : un doublage avec lame d'air ventilée) ou bien de recourir à un silo préfabriqué.

6.6.5 DISPOSITIONS PROPRES AUX SILOS SUR MESURE

Les silos construits sur mesure exigent une conception et une réalisation dans les règles de l'art par des professionnels. Le stockage des granulés de bois comporte en effet des risques du fait des contraintes mécaniques exercées par les masses importantes de combustible mais également à cause du caractère explosif des poussières et particules fines de bois. Un taux élevé de fines peut par

ailleurs endommager le fonctionnement de la chaudière ou du système de prélèvement des granulés.

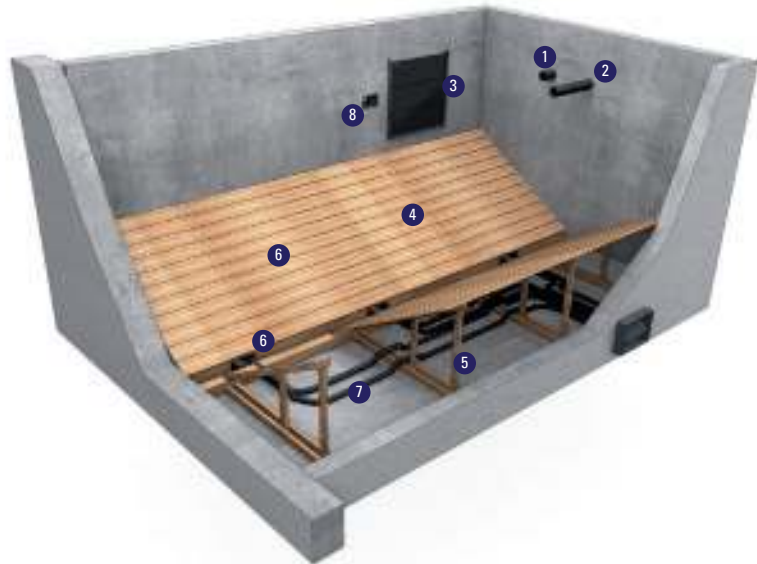
Les recommandations présentées ci-après s'appliquent à des silos de capacité inférieure ou égale à 10 tonnes soit environ 15 m³ de volume utile de stockage. Ce cas couvre la majorité des installations de chaudières à granulés de bois en logement individuel. Des exigences supplémentaires peuvent s'appliquer pour des silos plus volumineux.

6.6.5.1 EXIGENCES GÉNÉRALES

Le silo doit être au sol et, dans la mesure du possible, il doit disposer d'un mur sur l'extérieur sur lequel seront installées les tubulures de soufflage et d'aspiration (cf. 6.6.5.3). Le silo peut être de forme rectangulaire ou carré selon la nature du système d'extraction.

Le silo ne doit comporter aucune installation électrique ou hydraulique ni aucune gaine d'aération.

Le silo doit en outre être hermétiquement isolé du reste de l'habitation.



- | | |
|--|---------------------------------------|
| ① Tubulure d'aspiration | ⑤ Chevron |
| ② Tubulure de soufflage | ⑥ Sonde d'aspiration |
| ③ Trappe d'accès au silo renforcée par l'intérieur | ⑦ Flexible d'alimentation en granulés |
| ④ Pan incliné du silo en V | ⑧ Œilleton |

FIGURE 23 Coupe longitudinale d'un local de stockage de granulés.

6.6.5.2 MATÉRIAUX ET RÉSISTANCE MÉCANIQUE DES PAROIS

Les parois du silo sur mesure doivent pouvoir résister aux contraintes statiques et dynamiques imposées par la masse de granulés et les pics de pression ponctuels provoqués par le soufflage (jusqu'à 0,2 bar de surpression). La

masse volumique apparente des granulés de bois à considérer pour le calcul de résistance mécanique des parois est de 750 kg/m^3 .

COMMENTAIRE



Dans le cas général, on considère que la masse volumique apparente des granulés de bois en vrac est de l'ordre de 650 kg/m^3 . La valeur de 750 kg/m^3 est retenue comme valeur maximum pouvant être atteinte et sert donc de marge de sécurité pour la conception du silo.

Les parois du local de stockage ainsi que leur ancrage dans la maçonnerie environnante doivent être réalisés dans le respect des règles de l'art. Le béton cellulaire autoclavé est déconseillé de même que l'installation de surfaces vitrées (en verre ou en plastique).

Le plafond, les parois et le sol ou les pans inclinés doivent être réalisés de manière à empêcher la dégradation des granulés en particulier par l'abrasion.

6.6.5.3 SYSTÈME DE REMPLISSAGE

Le local de stockage est équipé a minima d'une tubulure en métal pour le soufflage des granulés et d'une autre

pour l'aspiration d'air pendant la livraison. Les tubulures doivent être rigides et résistantes à la torsion.

ATTENTION



L'utilisation de tubulures en plastique est formellement interdite. Les tubes se chargent en électricité statique lors du remplissage ce qui peut entraîner la formation d'étincelles.

Pour faciliter la livraison, les tubulures seront positionnées sur un mur du silo donnant sur l'extérieur lorsque cela est possible. Dans le cas d'un silo rectangulaire, il est égale-

ment préférable qu'elles soient positionnées sur le côté le plus étroit du silo.

ATTENTION



Si les tubulures de soufflage et d'aspiration doivent être installées sur un côté long du silo, il convient de les positionner de part et d'autre de l'axe central du mur, au centre de leur pan de mur respectif. Alternativement, pour faciliter le remplissage, il est possible de positionner un raccord d'aspiration au centre du côté long du silo et deux raccords de soufflage de part et d'autre de l'axe central. Les tubulures de soufflage seront placées au centre de leur pan de mur respectif.

Les tubulures seront positionnées à une hauteur comprise entre 15 et 20 cm du plafond du silo (mesuré depuis l'arrête supérieure du tube) et à une hauteur supérieure à 40 cm

du sol (pour les silos en sous-sol). La distance minimale entre les deux tubes est de 50 cm.

ATTENTION



Afin que la livraison puisse se faire en toute sécurité et sans difficultés, les raccords de remplissage du silo ne doivent pas se situer à plus de 1,8 m de hauteur en extérieur. Le cas échéant, il convient de mettre en place une rampe ou une plateforme d'accès pour ramener cette hauteur en dessous de cette limite.

Le tracé des conduits intérieurs doit être le plus court possible et présenter le moins possible de changements de direction. Aucune déviation ne pourra dépasser les 90°. Dans le cas de déviations supérieures à 45°, les coudes devront disposer d'un diamètre intérieur supérieur à 200 mm.

La dernière longueur droite de la tubulure de remplissage doit disposer d'une longueur minimum de 50 cm.

Il convient de réserver un espace de travail de 30 à 40 cm autour des raccords.

Un raccordement électrique (16 A, 230 V) est nécessaire à proximité de la conduite d'aspiration pour assurer le fonctionnement du ventilateur d'extraction d'air.

La (Figure 23) ci-dessous illustre les principales dispositions à respecter.

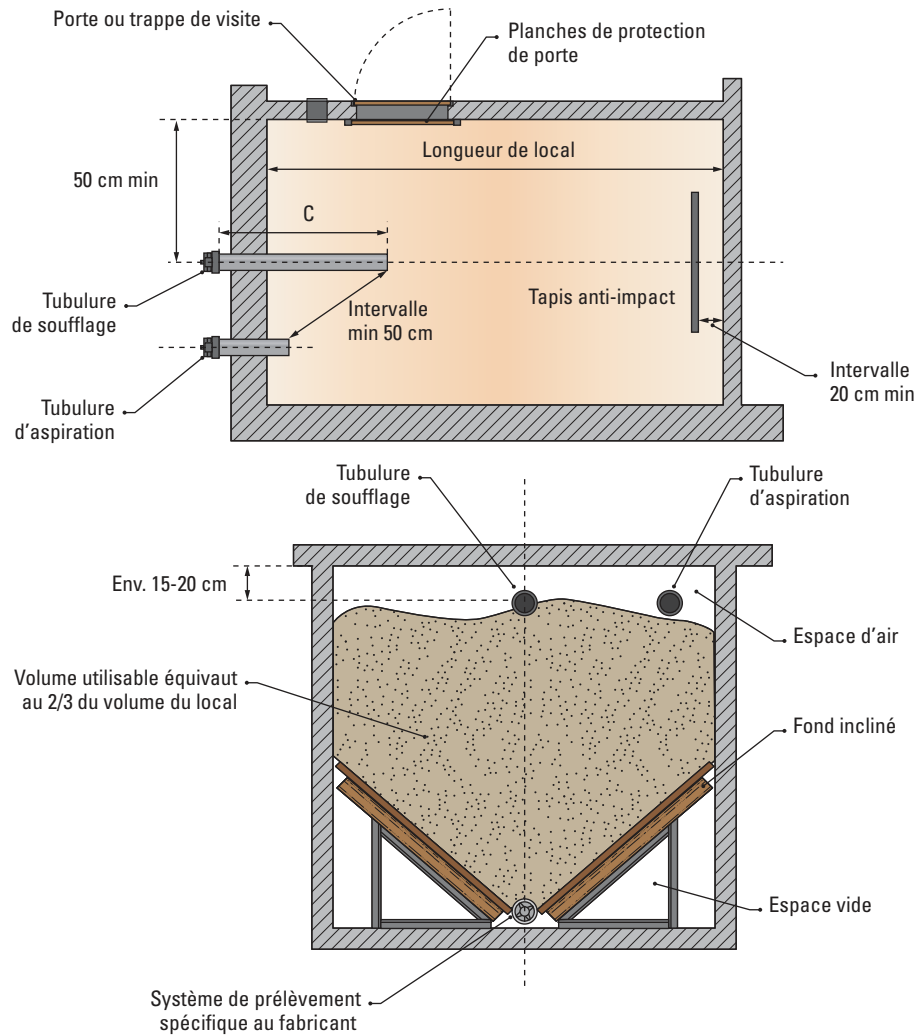


FIGURE 24 Implantation des tubulures de soufflage et d'aspiration d'un silo sur mesure

SILOS DE FORTE LONGUEUR

Dans le cas d'un local de stockage de longueur supérieure à 5 m, il est recommandé de mettre en place deux tubes pour le soufflage : un court et un long.

La distance entre l'extrémité du tube long et la paroi de fond du silo doit être inférieure à 5 m. Cette disposition de silo est illustrée par la (Figure 24).

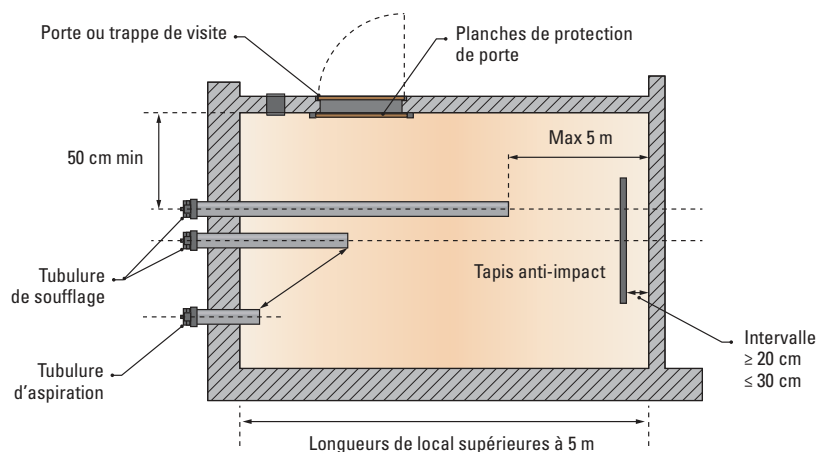


FIGURE 25 Coupe longitudinale d'un silo de longueur supérieure à 5 m.

SILO DE TAILLE RÉDUITE

Dans les silos de longueur inférieure à 2 m, la tubulure de soufflage doit être équipée d'un coude formant un angle de 15 à 20° vers le bas. Une longueur droite d'au moins 30 cm doit être ajoutée derrière le coude pour stabiliser

le jet de granulés. Cette partie de tube dirigée vers le bas sera également fixée avec un collier d'attache.

Cette disposition est représentée sur la (Figure 25).

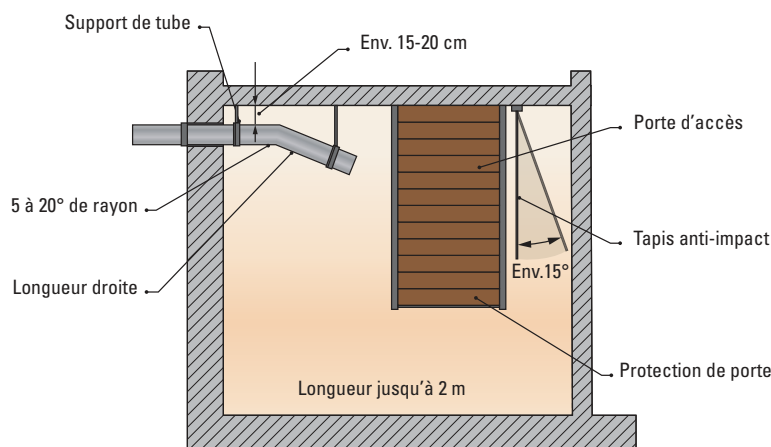


FIGURE 26 Coupe longitudinale d'un silo de longueur inférieure à 2 m.

6.6.5.4 TAPIS ANTI-IMPACT

Le rôle du tapis anti-impact est de protéger le combustible de granulés lors du remplissage du silo. Le tapis protège en effet les parois du local et évite que les granulés s'effritent et ne soient contaminés par des particules étrangères : peinture, mortier, enduis, etc.

Pour ce faire, le tapis anti-impact doit être placé verticalement par rapport au flux de granulés. Il est conseillé de le positionner à environ 50 cm du mur opposé à la conduite

de remplissage. Dans le cas d'un silo de forte longueur, cette distance devrait être réduite à 20 cm.

Le tapis sera librement suspendu au plafond afin de permettre son basculement vers l'arrière de façon à amortir le jet de granulés.

Le positionnement du tapis d'anti-impact au sein du local de stockage sur mesure est représenté sur la (Figure 26).

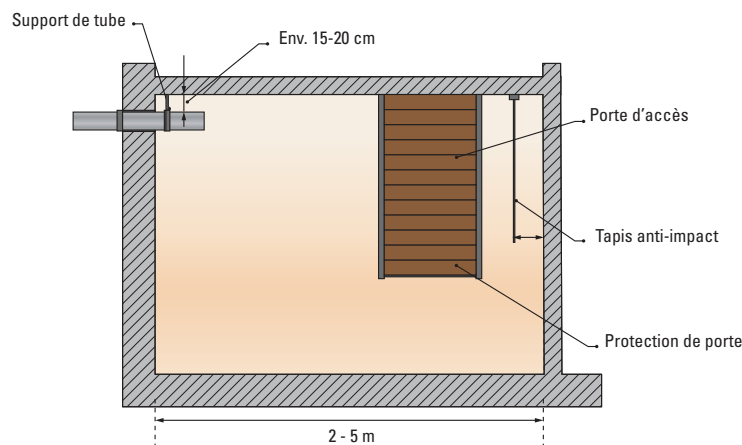


FIGURE 27 Coupe longitudinale d'un local de stockage de granulés.

6.6.5.5 PORTES ET TRAPPES D'ACCÈS

Les portes et trappes d'accès servent à pénétrer dans le silo pour procéder au nettoyage et à l'entretien. Elles sont dimensionnées en conséquence et doivent être ignifugées. Les ouvertures du silo doivent être étanches à la poussière et s'ouvrir vers l'extérieur. Le cadre intérieur de ces ouvertures sera renforcé au moyen de planches de bois ou de plaques métalliques afin de protéger l'ouvrant de la pression exercée par la masse de granulés.

Idéalement, la porte ou la trappe d'accès est placée à proximité de la tubulure de soufflage. Jamais derrière le tapis de protection anti-impact et le plus loin possible des tubulures de soufflage.

Un dispositif de contrôle visuel du niveau de granulés est recommandé, par exemple via un regard placé au niveau des planches de protection de l'ouvrant. L'installation d'un œilleton à proximité de l'ouvrant est également possible.

ATTENTION



Pour des questions de sécurité, un étiquetage précisant les risques liés au stockage de granulés ainsi que les règles de sécurité à respecter vis-à-vis de l'accès au silo doit être installé de façon permanente et visible à proximité du point d'accès.

Les consignes de sécurité à respecter sont les suivantes :

- L'accès est interdit aux personnes non-autorisées, en particuliers les enfants ;
- L'accès au silo est restreint aux seules opérations de nettoyage et d'entretien ;
- Avant de pénétrer dans le silo, couper la chaudière et respecter le délai d'attente recommandé par le fabricant ;
- Il est recommandé de ventiler le silo par ouverture de la porte ou trappe d'accès au moins pendant quinze minutes avant d'y pénétrer ;
- Interdiction de fumer ou d'introduire une source d'inflammation dans le silo ;
- Lorsqu'une personne pénètre dans le silo, une deuxième personne doit se tenir à l'extérieur pour surveiller et donner l'alerte en cas de problème, pas pour porter secours ;
- Si une personne est victime d'un malaise dans le silo, ne JAMAIS pénétrer soi-même dans le silo pour lui venir en aide mais ALERTEZ LES SECOURS.
- Dans le cas de silos parfaitement étanches, seul le personnel formé pourra y pénétrer après mesure des concentrations de dioxygène et de monoxyde de carbone à l'intérieur.

6.6.5.6 SILO EN V

Ce type de silo est conçu pour diriger par gravité le combustible vers un système de prélèvement situé en partie centrale. Le système en question peut être une vis sans fin ou des sondes d'aspiration. La conception vise également à permettre la vidange complète du stock de combustible.

Pour que les granulés puissent glisser vers le fond du silo, les deux plans inclinés constituant la forme en « V » doivent présenter un angle supérieur à 40° avec l'horizontale. Idéalement, cet angle sera compris entre 45 et 50°. D'autre part, les surfaces du fond incliné devront être droites et le plus lisse possible.

ATTENTION



Si l'angle des plans inclinés est inférieur à 45° par rapport au sol, ceux-ci doivent être parfaitement lisses et présenter une adhérence extrêmement faible pour éviter tout agglomérat de granulés.

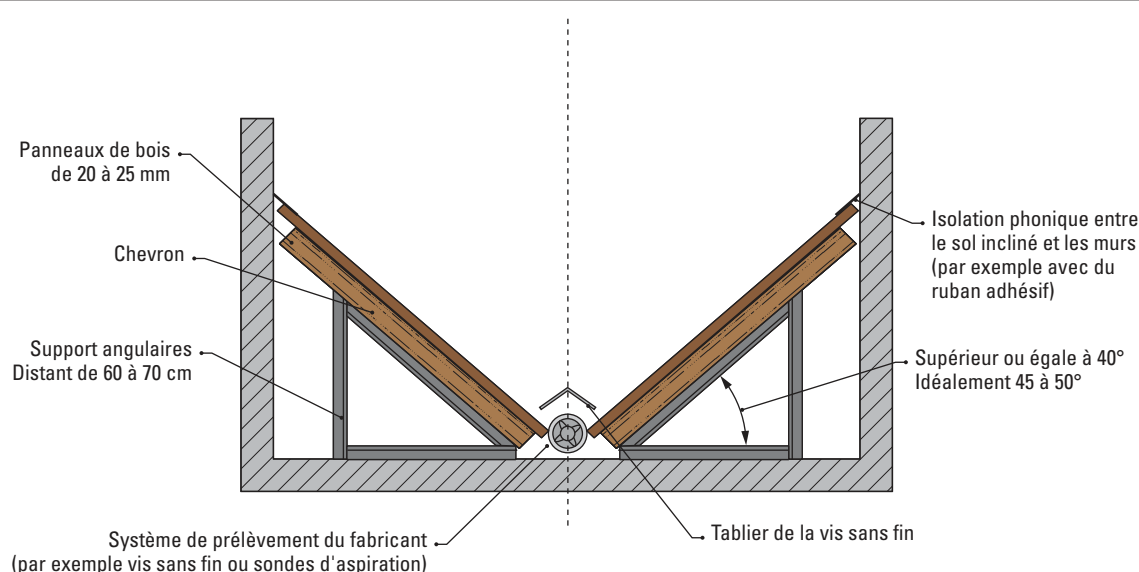


FIGURE 28 Coupe transversale d'un local de stockage de granulés.

Le raccordement du fond incliné au système de prélèvement doit être réalisé conformément aux instructions du fabricant.

Dans le cas d'un système de prélèvement par vis sans fin, cette dernière doit être couverte par un tablier angulaire métallique (ou cornière) sur toute sa longueur. Le rôle de

la cornière est de protéger la vis contre le poids du stock de combustible.

Pour finir, l'ensemble de l'installation doit être isolée acoustique afin de limiter la transmission de vibrations dans les parois. Notamment, il convient d'isoler le passage du convoyeur dans le mur à l'aide d'un manchon en matériau adapté.

6.6.5.7 SYSTÈMES D'EXTRACTION

Les systèmes d'extraction servant au transport des granulés depuis le silo jusqu'à la chaudière peuvent prendre différentes formes : vis sans fin, sondes d'aspiration, désileur, etc. Quelque soit le type de système choisi, ce dernier ne doit pas être une source potentielle d'inflammation dans le silo,

notamment en cas de dysfonctionnement. A ce titre, les éléments métalliques du système d'extraction internes au silo devront être mis à la terre. De plus, la température du système d'extraction en fonctionnement normal ne doit pas pouvoir dépasser 60°C.

6.6.6 DISPOSITIONS PROPRES AUX SILOS PRÉFABRIQUÉS

La conception et la mise en œuvre des silos préfabriqués sont largement simplifiées par rapport aux silos construits sur mesure. En outre, ces silos sont généralement commercialisés par les fabricants de chaudières et sont donc conçus pour fonctionner avec leurs produits. Ces systèmes peuvent être installés en intérieur et parfois en extérieur.

Quel que soit le type de silo préfabriqué, il convient de respecter les recommandations et instructions des fabricants quant à leur installation et leur utilisation.

6.6.6.1 EXIGENCES GÉNÉRALES

L'installation d'un silo préfabriqué requière en premier lieu une base horizontale stable. Le plancher doit en outre supporter les charges statiques s'exerçant au niveau des points de contact du silo avec le sol, ainsi que la masse totale du silo une fois rempli de granulés de bois.

En outre les tubulures de remplissage et d'aspiration (si présente) du silo préfabriqué doivent être mises à la terre par un fil de section 4mm² au minimum.

6.6.6.2 EXIGENCES SPÉCIFIQUES EN INTÉRIEUR

Il est impératif que le local accueillant le silo préfabriqué soit bien ventilé pour éviter toute accumulation de substances et gaz toxiques.

CONSEILS



Dans le cas d'un silo en tissu respirant, il est recommandé de mettre en place un détecteur avertisseur de monoxyde de carbone (CO) disposant d'une alarme sonore au sein du local d'implantation du silo. Le détecteur de CO doit être conforme à la norme NF EN 50291. La mise en place sera effectuée selon les prescriptions du fabricant. A minima, il convient d'éviter les points morts (angles au plafond, refends...) et les zones à proximité immédiate d'entrées d'air ou d'ouvrants. La pose est faite généralement à hauteur d'homme. L'autonomie et la fréquence d'entretien ou de remplacement du matériel sont spécifiées dans la notice.

Le positionnement des systèmes de stockage préfabriqués doit respecter certaines distances de sécurité vis-à-vis des murs, du plafond et des lampes. Il convient de suivre les recommandations du fabricant en la matière.

Si le silo est dépourvu de tubulures de remplissage débouchant en extérieur, il est nécessaire de réserver un espace libre sur une distance minimale d'1 m devant les raccords.

Ceci afin que le raccordement du tuyau de soufflage puisse se faire facilement et sans engendrer la formation d'un coude trop fermé sur le tuyau.

Pour les silos en tissu, il est généralement recommandé de prévoir un espace suffisant autour du silo afin que le textile puisse se gonfler lors du soufflage des granulés.

6.6.6.3 EXIGENCES SPÉCIFIQUES EN EXTÉRIEUR

Pour les silos installés en extérieur, il est nécessaire de considérer la force du vent en plus des contraintes de résistance mécanique et d'horizontalité du support.

En outre certains silos peuvent requérir une protection particulière contre les intempéries ou les rayons UV en

fonction de la nature de leurs matériaux. En particulier les silos en tissus qui devront être protégés contre la pluie.

7

LES RÈGLES DE DIMENSIONNEMENT

7 1

PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUE D'UN SYSTÈME DE CHAUFFAGE AUX GRANULÉS

La performance énergétique des installations de chaudière à granulés de bois dépend en grande partie du bon dimensionnement du générateur. Un mauvais dimensionnement de la chaudière peut conduire à une dégradation du rendement de combustion accompagnée d'une augmentation des émissions de polluants atmosphériques.

En cas de fort surdimensionnement, les phases de mise en marche et d'arrêt vont se multiplier. Un tel fonctionnement sollicite beaucoup les mécanismes de régulation et accélère leur usure. D'autre part, chaque phase de mise en marche ou d'arrêt augmente les pertes thermiques par

chaleur sensible des fumées et par imbrûlés gazeux ainsi que les émissions polluantes.

L'ajout d'un ballon d'hydro-accumulation permet éventuellement d'améliorer le rendement global d'une installation équipée d'une chaudière surdimensionnée. Le volume d'eau supplémentaire augmente en effet l'inertie de l'installation, réduisant ainsi le nombre de cycles de fonctionnement tout en allongeant leur durée. Le rendement de combustion s'en trouve amélioré tandis que les pertes à l'arrêt du générateur diminuent.

7 2

DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUDIÈRE

Le dimensionnement de la chaudière à granulés dépend des besoins de chauffage et d'ECS du logement. Le besoin de chauffage est directement corrélé aux déperditions

thermiques tandis que les besoins d'ECS dépendent principalement du nombre d'occupants.

7.2.1 LES DÉPERDITIONS THERMIQUES

Les déperditions thermiques sont calculées selon la norme NF EN 12831-1.

Les déperditions sont classées selon les catégories suivantes :

- déperditions surfaciques à travers les parois (murs, fenêtres, portes, toit, plancher) ;
- déperditions linéiques au niveau des liaisons des différentes parois, comme par exemple le mur et le plancher ;
- déperditions par renouvellement d'air par les bouches d'entrée d'air par ventilation naturelle ou mécanique ;

- déperditions par les infiltrations : jointures des huisseries des fenêtres, des portes...

Les déperditions sont calculées pour la température extérieure de base du lieu définie dans le complément national à la norme NF EN 12831, référencé NF P 52-612/CN. (Non mise à jour à la suite de la dernière révision de la norme NF EN 12831, en 2017).

La [Figure 28] présente la carte de France des températures extérieures de base.

Des corrections sont à apporter en fonction de l'altitude du lieu considéré, selon les valeurs indiquées dans le [Tableau 5].

ATTENTION



Lors d'une rénovation, la modification de l'enveloppe du bâtiment (isolation, traitement des infiltrations d'air, remplacement des ouvrants, etc.) peut réduire les déperditions thermiques par rapport à l'état avant rénovation. Il faut bien tenir compte de ces changements pour estimer correctement la puissance de la chaudière à installer.

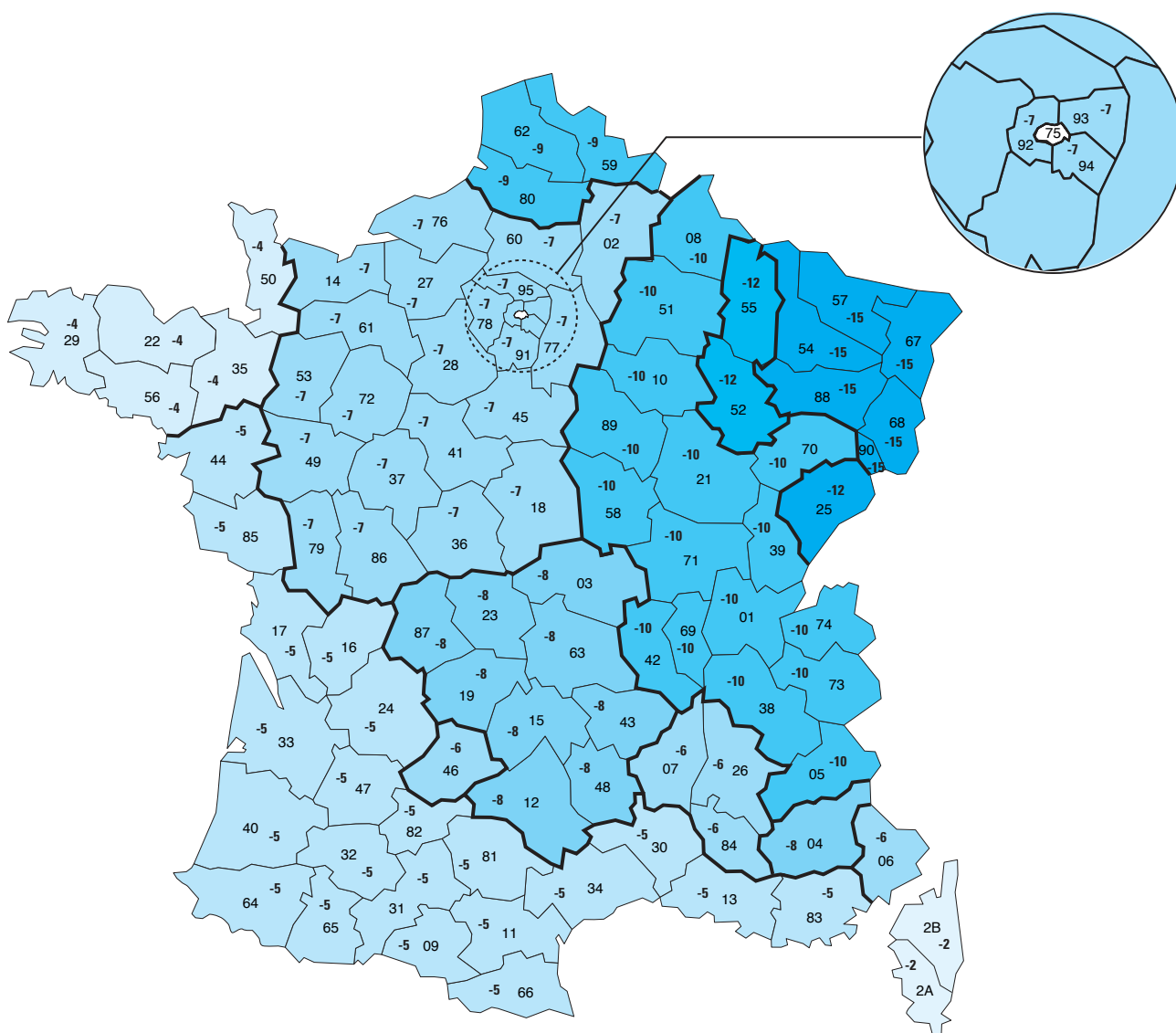


FIGURE 29 Températures extérieures de base non corrigées par l'altitude

Température extérieure du site [°C]	Température extérieure de base au niveau de la mer du site [°C]								
	-2	-4	-5	-6	-7	-8	-10	-12	-15
-2	0 à 200 m								
-3	201 à 400 m								
-4	401 à 600 m	0 à 200 m							
-5	601 à 700 m	201 à 400 m	0 à 200 m						
-6	701 à 800 m	401 à 500 m	201 à 400 m	0 à 200 m					
-7			401 à 600 m	201 à 400 m	0 à 200 m				
-8			601 à 800 m	401 à 500 m	201 à 400 m	0 à 200 m			
-9			801 à 1000 m	501 à 600 m	401 à 500 m	201 à 400 m			
-10			1001 à 1200 m	601 à 700 m		401 à 500 m	0 à 200 m		
-11			1201 à 1400 m	701 à 800 m		501 à 600 m	201 à 400 m		
-12			1401 à 1700 m	801 à 900 m		601 à 700 m	401 à 500 m	0 à 200 m	
-13			1701 à 1800 m	901 à 1000 m		701 à 800 m	501 à 600 m	201 à 400 m	
-14			1801 à 2000 m	1001 à 1100 m		801 à 900 m	601 à 700 m	401 à 500 m	
-15						901 à 1000 m	701 à 800 m	501 à 600 m	0 à 400 m
-16						1001 à 1100 m	801 à 900 m	601 à 700 m	401 à 500 m
-17						1101 à 1200 m	901 à 1000 m	701 à 800 m	501 à 600 m
-18						1201 à 1300 m	1001 à 1100 m	801 à 900 m	601 à 700 m
-19						1301 à 1400 m	1101 à 1200 m	901 à 1000 m	701 à 800 m
-20							1201 à 1300 m	1001 à 1100 m	801 à 900 m
-21							1301 à 1400 m	1101 à 1200 m	901 à 1000 m
-22							1401 à 1500 m	1201 à 1300 m	1001 à 1100 m
-23							1501 à 1600 m	1301 à 1400 m	1101 à 1200 m
-24							1601 à 1700 m	1401 à 1500 m	1201 à 1300 m
-25							1701 à 1800 m		1301 à 1500 m
-26							1801 à 1900 m		
-27							1901 à 2000 m		

TABLEAU 5 Corrections en fonction de l'altitude

7.2.2 DIMENSIONNEMENT POUR LA PRODUCTION DE CHAUFFAGE SEUL

Dans le cas d'une installation conçue uniquement pour le chauffage, la puissance de la chaudière à granulés de bois doit être égale ou légèrement supérieure aux déperditions thermiques du logement. Ce faisant, la plage de modula-

tion de la chaudière sera pleinement exploitée durant la saison de chauffe, contribuant ainsi à un meilleur rendement global de l'installation.

COMMENTAIRE



Le dimensionnement d'une installation de chauffage est réalisé pour des conditions extrêmes rencontrées très rarement (et pendant de courtes durées) au cours d'une saison de chauffe. Durant la majorité de l'année, la chaudière fonctionne donc à charge partielle.

7.2.3 DIMENSIONNEMENT POUR LA PRODUCTION DE CHAUFFAGE ET D'ECS

Dans le cas d'une installation conçue pour assurer à la fois le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire (ECS) du logement, il est nécessaire de déterminer :

- Les déperditions thermiques du logement ;
- Le besoin journalier en ECS du logement.

Le calcul des besoins journalier en eau chaude sanitaire nécessite de connaître les nombres et types d'équipements sanitaires présents dans le logement ainsi que le nombre

d'occupants. A partir de ces données, il est ensuite possible de déterminer les dimensions du ballon de stockage ECS.

Dans le cadre d'une installation en maison individuelle rénovée, la puissance de la chaudière à granulés de bois doit être égale ou légèrement supérieure aux déperditions thermiques du logement. Il n'est pas nécessaire de surdimensionner l'appareil pour assurer la production d'ECS.

7.2.4 EXEMPLE

Une maison individuelle rénovée située dans le département du Maine-et-Loire [49] est équipée d'une chaudière à granulés. La maison est installée à une altitude de 120 m

au-dessus du niveau de la mer. Le logement est occupé par une famille de quatre personnes. La température intérieure de confort est prise égale à 20[°C].

DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUDIÈRE

Après calculs selon la norme NF EN 12831-1, le coefficient de transfert thermique du bâtiment après rénovation est estimé à 420 [W/K].

La température extérieure de base du site correspond à celle du Maine-et-Loire, à savoir -7[°C] (cf. Figure 38). Comme l'altitude du site est inférieure à 200[m], il n'y a pas de correction à apporter sur cette température (cf. figure 39).

La charge thermique de la maison à la température extérieure de base vaut donc :

$$P_{\text{thermique}} = H \times (T_{\text{int}} - T_{\text{base}})$$

Avec $P_{\text{thermique}}$: la charge thermique en [W]

H : le coefficient de transfert thermique en [W/K]

T_{int} : la température intérieure de confort en [°C]

T_{base} : la température extérieure de base en [°C]

On a donc $P_{\text{thermique}} = 420 \times (20 - (-7)) = 420 \times 27 = 11\,340$ [W].

Soit $P_{\text{thermique}} = 11,34$ [kW]

La puissance de la chaudière doit donc être égale ou légèrement supérieure à 11 [kW].

DIMENSIONNEMENT DU BALLON DE STOCKAGE ECS

La température de consigne de production de l'eau chaude sanitaire est fixée à 55[°C] et on considère que la température moyenne de l'eau froide est de 10[°C]. Le logement est équipé d'un évier, d'un lavabo et d'une douche. Il est occupé par quatre personnes. Le besoin journalier en eau chaude sanitaire à 40[°C] est estimé à 56 [L/personne]. Le besoin journalier en eau chaude sanitaire à 40°C du logement est donc $V_{\text{ECS}40} = 4 \times 56 = 224$ [L]

Etant donné la consigne de production et la température d'eau froide, le volume journalier d'eau chaude à 55[°C] est donné par la formule suivante :

$$V_{\text{ECS}55} = V_{\text{ECS}40} \times (40 - 10) / (55 - 10) \approx 149$$
 [L]

Le volume ballon d'eau chaude sanitaire devra être a minima supérieur à cette consommation journalière. Dans la pratique, on pourra donc considérer un ballon de 150 [L] ou 200 [L].

NOTE



Le volume du ballon peut être réduit lorsque la production d'ECS est assurée sur plusieurs plages horaires journalières. (par exemple : une plage de nuit et une plage en mi-journée) Il convient de se reporter aux instructions du fabricant de la chaudière et du ballon de stockage.

7

3

DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTS HYDRAULIQUES

7.3.1 BALLON D'HYDRO-ACCUMULATION

Le ballon d'hydro-accumulation sert de découplage hydraulique entre le réseau de production (la chaudière à granulés) et le réseau de distribution. Il est possible de réaliser une relève ou un appoint par un générateur complémentaire (chaudière gaz ou fioul, capteurs solaires thermiques, etc.) raccordé dans le ballon d'hydro-accumulation.

Il convient de respecter les recommandations du fabricant de la chaudière pour dimensionner le ballon hydro-accumulation. En l'absence de recommandations, il est possible de se reporter à la règle décrite ci-après.

La capacité du ballon d'hydro-accumulation est déterminée en première approche par la capacité de modulation de la chaudière à granulés. Le volume minimal du ballon est défini comme suit :

$$V_{\text{ballon}} = 50 \times P_{\text{nominale}} \times F_{\text{modulation}}$$

Avec V_{ballon} : le volume minimal du ballon hydro-accumulation en [L]

P_{nominale} : la puissance nominale de la chaudière en [kW]

$F_{\text{modulation}}$: le facteur de modulation de puissance de la chaudière

EXEMPLE



Une chaudière de 12 [kW] de puissance nominale dispose d'une puissance de fonctionnement minimale de 3,6 [kW]. Son facteur de modulation vaut donc $F_{\text{modulation}} = 3,6 / 12 = 30\% = 0,3$.

Le volume minimal du ballon hydro-accumulation doit donc être : $V_{\text{ballon}} = 50 \times P_{\text{nominale}} \times F_{\text{modulation}} = 50 \times 12 \times 0,3$

Soit $V_{\text{ballon}} = 50 \times 3,6 = 180$ [L]

Le volume du ballon hydro-accumulation associé à cette chaudière devra donc être supérieur ou égal à 180 litres.

7.3.2 VASE D'EXPANSION 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. Le dimensionnement d'un vase d'expansion consiste à déterminer :

- sa pression de gonflage ;
- sa capacité.

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

7.3.2.1 PRESSION DE GONFLAGE

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.

Si le vase d'expansion est en partie haute de l'installation (sous toiture par exemple), la pression de gonflage est de 0,5 bar, sauf si une pression minimale de fonctionnement plus élevée est demandée par le constructeur de la chaudière.

COMMENT FAIRE



La pression statique équivaut à la hauteur d'eau de l'installation, depuis le vase d'expansion jusqu'au point le plus élevé du circuit de chauffage. Sachant que 1 m de colonne d'eau est proche de 0,1 bar.

7.3.2 CAPACITÉ DU VASE FERMÉ

La capacité du vase doit être telle qu'elle puisse recueillir le volume d'expansion de l'installation (cf. Annexe 2). Elle est déterminée en considérant le volume du ballon d'hydro-accumulation (si présent).

Le tableau donné (Tableau 6) fournit la 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), de la hauteur statique et de la pression initiale.

Contenance maximale de l'installation (en L)	Capacité d'un vase d'expansion pour une hauteur statique jusqu'à...		
	5m	10m	15m
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
1000	75	97	142
1250	93	121	178
1500	112	145	213
1750	131	169	249
2000	149	193	285

TABEAU 6 Table de prédétermination de la capacité du vase d'expansion en litres pour une pression de tarage de soupape de 3 bars (température de 90°C).

7.3.3 CIRCULATEUR

Le circulateur doit être en mesure de fournir le débit et la hauteur manométrique correspondant au point de fonctionnement nominal du circuit hydraulique.

Le débit nominal est calculé pour la puissance de chauffage et pour la chute de température choisie sur le circuit. La hauteur manométrique est égale à la somme des pertes de charge sur le circuit. Elles sont calculées pour le débit nominal.

Les pertes de charge à prendre en compte sont celles des canalisations, de la chaudière, des émetteurs ainsi que des vannes de régulation à pleine ouverture (vanne trois voies, vannes d'équilibrage et robinets thermostatiques).

Selon le schéma hydraulique choisi, il peut y avoir un circulateur uniquement côté secondaire ou bien coté primaire et côté secondaire. Il convient dès lors de veiller à attribuer les débits et pertes de charges de chaque circuit au circulateur correspondant.

7.3.4 VANNE DE RÉGULATION

Le dimensionnement d'une vanne de régulation se fait en fonction de son autorité. Cette grandeur traduit la capacité de la vanne à réguler correctement le circuit. Si l'autorité est-trop faible, il existe un risque de « pompage » de la

vanne et la régulation sera difficile. En revanche, plus l'autorité est forte, plus les pertes de charges engendrées par la circulation du fluide dans la vanne seront élevées.

ATTENTION



Pour garantir une régulation satisfaisante, l'autorité de la vanne doit être comprise entre 0,33 et 0,5.

Cela signifie que les pertes de charge dans le circuit régulé par la vanne trois voies doivent être une à deux fois plus élevées que celles engendrées par la vanne elle-même lorsqu'elle est ouverte à 100%.

Dans le graphe ci-dessous, le débit varie dans le circuit de production. Pour que la vanne trois voies dispose d'une

autorité suffisante, il faut donc que la valeur de $\Delta P_{\text{Circuit}}$ (correspondant à la perte de charge dans le circuit de production) soit une à deux fois plus grande que la perte de charge dans la vanne ΔP_{vanne} .

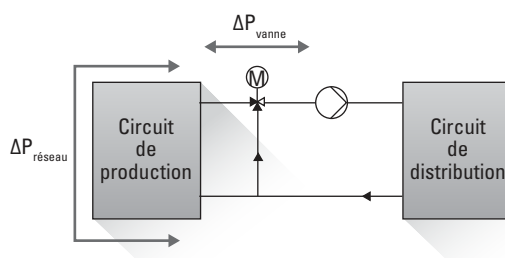


FIGURE 30 Illustration des grandeurs impliquées dans le calcul de l'autorité d'une vanne

7

4

DIMENSIONNEMENT DU SILOS DE STOCKAGE

7.4.1 VOLUME DU SILOS DE STOCKAGE

Le dimensionnement du silo de stockage des granulés de bois dépend principalement de la consommation en combustible de l'installation et de la surface disponible. Idéalement, le silo doit avoir une capacité suffisante pour permettre un an d'autonomie de la chaudière. Une capacité plus importante peut être envisagée par mesure de sécurité (à condition de ne pas dépasser un volume équivalent à deux fois le besoin annuel en granulés).

Par ailleurs, la limite basse pour une livraison de granulés est généralement de trois tonnes pour la plupart des fournisseurs de combustible. Il convient donc de s'assurer que le silo dispose d'une capacité au moins légèrement supérieure à cette valeur.

Afin de déterminer le volume de stockage, il est nécessaire de calculer le besoin annuel brut de l'installation (chauffage et éventuellement production d'ECS). Ce calcul doit être effectué de la façon suivante :

$$Q_{\text{annuelle}} = Q_{\text{chauffage}} + Q_{\text{ECS}}$$

Avec Q_{annuelle} : le besoin annuel brut en [kWh] ;

$Q_{\text{chauffage}}$: le besoin annuel pour le chauffage en [kWh] ;

Et Q_{ECS} : le besoin annuel pour la production d'ECS en [kWh].

Le besoin annuel pour le chauffage peut être déterminée par la formule suivante :

$$Q_{\text{chauffage}} = \text{Déperditions} \cdot i \cdot 24 \cdot \text{DJU} / 1000$$

Avec $Q_{\text{chauffage}}$: le besoin annuel pour le chauffage en [kWh] ;

Déperditions : les déperditions thermiques en [W/K] déterminées comme au chapitre 7.2.1 ;

i le coefficient d'intermittence, égale à 0,9 pour le chauffage central au bois ;

Et DJU : la somme de degrés jours unifiés cumulés pendant la saison de chauffe pour ce site.

ATTENTION



Lors d'une rénovation, la modification de l'enveloppe du bâtiment (isolation, traitement des infiltrations d'air, remplacement des ouvrants, etc.) peut réduire les déperditions thermiques par rapport à l'état avant rénovation. Il faut bien tenir compte de ces changements pour estimer correctement le niveau des besoins annuels d'énergie.

Le besoin annuel d'énergie pour la production d'ECS peut être déterminée par la formule suivante :

$$Q_{ECS} = V_{\text{annuel}} \cdot C \cdot (\theta_{ECS} - \theta_{EF})$$

Avec Q_{ECS} : le besoin annuel pour la production d'ECS en [kWh] ;

V_{annuel} : le volume d'eau chaude sanitaire à la température θ_{ECS} permettant de couvrir les besoins annuels en [m³] ;

C : la capacité thermique massique de l'eau, soit 1.1625 [kWh/(kg.K)] ;

θ_{ECS} : la température de l'eau chaude sanitaire correspondant au volume des besoins annuels V_{annuel} ;

Et θ_{EF} : la température moyenne annuelle de l'eau froide du site en [°C].

ATTENTION



Le guide technique de l'ADEME Les besoins d'eau chaude sanitaire en habitat individuel et collectif (2016) indique une valeur de consommation moyenne journalière de 56 +/- 23 [L] par personne à 40 [°C]. Ces besoins journaliers moyens par personne diminuent en fonction de la taille du ménage. Pour une température d'eau de 40 [°C], ils varient de 80 +/- 35 [L] pour une personne seule jusqu'à 45 +/- 20 [L] pour une famille de cinq personnes.

Une fois déterminée la consommation d'énergie annuelle brute, il est possible d'en déduire la masse équivalente en granulés par la formule suivante :

$$M_{\text{granulés}} = Q_{\text{annuelle}} / (PCI \cdot R)$$

Avec $M_{\text{granulés}}$: la masse de granulés de bois en [kg] ;

Q_{annuelle} : le besoin annuel brut en énergie de l'installation en [kWh], déterminée comme précédemment ;
 PCI : le pouvoir calorifique inférieur des granulés de bois, spécifié par le fournisseur. En première approche, $PCI \approx 4,8$ [kWh/kg] ;

Et R : le rendement de l'installation.

Cette masse de combustible peut ensuite être convertie en volume par la formule suivante :

$$V_{\text{granulés}} = M_{\text{granulés}} / \rho_{\text{apparente}}$$

Avec $V_{\text{granulés}}$: le volume de granulés en [m³] ;

$M_{\text{granulés}}$: la masse de granulés de bois en [kg] ;

Et $\rho_{\text{apparente}}$: la masse volumique apparente des granulés de bois ≈ 650 [kg/m³].

Ce volume de granulés correspond à la consommation annuelle de l'installation. La capacité du silo donc doit être supérieure ou égale à cette valeur tout en restant inférieur au double de celle-ci.

NOTE



Dans le cas d'un silo en V, le volume utile de stockage correspond environ aux deux tiers du volume total du silo, du fait des pans inclinés.

7.4.2 EXEMPLE

CALCUL DU VOLUME DE STOCKAGE D'UN SILO

Une maison individuelle rénovée est équipée d'une chaudière à granulés. Elle est occupée par une famille de quatre personnes. Le nombre de DJU du site s'élèvent à 2 800 et les déperditions thermiques après rénovation sont estimées à 280 [W/K]. La température moyenne de l'eau froide sur l'année est considérée égale à 10 [°C]. Le fournisseur de granulés indique un PCI de 4,9 [kWh/kg] pour les granulés et le rendement de l'installation est estimé à 85%.

La consommation d'énergie annuelle pour le chauffage vaut : $Q_{\text{chauffage}} = \text{Déperditions} \cdot t \cdot 24 \cdot \text{DJU} / 1000$

$$\text{Soit } Q_{\text{chauffage}} = 280 \times 0,9 \times 24 \times 2800 / 1000$$

$$\text{D'où } Q_{\text{chauffage}} = 16\,934 \text{ [kWh]}$$

La consommation d'énergie pour la production d'ECS vaut :

$$Q_{ECS} = V_{\text{annuel}} \cdot C \cdot (\theta_{ECS} - \theta_{EF}) = 16,4 \cdot n \cdot C \cdot (\theta_{ECS} - \theta_{EF})$$

$$\text{Soit } Q_{ECS} = 16,4 \times 4 \times 1,1625 \times (50 - 10)$$

$$\text{D'où } Q_{ECS} = 3\,050 \text{ [kWh]}$$

La consommation annuelle brute d'énergie vaut donc :

$$Q_{\text{annuelle}} = Q_{\text{chauffage}} + Q_{ECS}$$

$$\text{Soit } Q_{\text{annuelle}} = 16\,934 + 3\,050 = 19\,984 \text{ [kWh]}$$

On en déduit la masse équivalente en granulés de bois :

$$M_{\text{granulés}} = Q_{\text{annuelle}} / (PCI \cdot R)$$

$$\text{Soit } M_{\text{granulés}} = 19\,984 / (4,9 \cdot 0,85)$$

$$\text{D'où } M_{\text{granulés}} \approx 4\,798 \text{ [kg]}$$

La masse de granulés correspondant à la consommation annuelle de la chaudière est donc d'environ 4,8 tonnes.

Le volume de granulés correspondant est

$$V_{\text{granulés}} = M_{\text{granulés}} / \rho_{\text{apparente}}$$

$$\text{Soit } V_{\text{granulés}} = 4\,798 / 650$$

$$\text{Donc } V_{\text{granulés}} \approx 7,4 \text{ [m}^3\text{]}$$

Le volume utile du silo doit donc être supérieur ou égale à 7,4 [m³].

Pour un silo sur mesure en V, il faut prendre en compte le volume perdu à cause des pans inclinés. Le cas échéant le volume total V_{TOTAL} du silo sur mesure doit vérifier :

$$V_{\text{TOTAL}} \geq V_{\text{granulés}} / \frac{2}{3}$$

$$\text{Soit pour l'exemple traité } V_{\text{TOTAL}} \geq 7,4 \times 3 / 2 \approx 11,1 \text{ [m}^3\text{]}$$

VÉRIFICATION DES DIMENSIONS D'UN SILO SUR MESURE

Au sein de la maison individuelle présentée au 7.4.2.1, on dispose d'un local de stockage rectangulaire de 1,6 x 3,0 [m] avec une hauteur sous plafond de 2,5 [m]. On cherche à savoir si ce local peut convenir au stockage des granulés.

Le volume total de ce local est $V_{TOTAL} = 1,6 \times 3,0 \times 2,5 = 12 \text{ [m}^3\text{]}$. Ce qui correspond à un volume de stockage utile $V_{utile} = V_{TOTAL} \times \frac{2}{3} \approx 8 \text{ [m}^3\text{]}$. Donc $V_{utile} > V_{granulés} \approx 7,4 \text{ [m}^3\text{]}$. Le local peut donc convenir au stockage des granulés de bois.

7

5

DIMENSIONNEMENT DU SYSTÈME D'ÉVACUATION DES PRODUITS DE COMBUSTION

Le dimensionnement du système d'évacuation des produits de combustion permet de s'assurer que le générateur dispose d'un tirage suffisant à allure nominale ainsi qu'à allure minimale. Ceci afin de d'éviter tout refoulement des

fumées et de garantir un rendement optimal de l'installation. Un tirage suffisamment important permet également de préserver la durabilité de l'installation (vis des risques de gel ou de condensation dans le conduit).

NOTE



Un outil de dimensionnement des conduits de fumée a été développé dans le cadre du programme PROFEEL sous la forme d'une application pour smartphone et tablette. Pour plus de détails, consulter le site internet de PROFEEL : programmeprofeel.fr

7.5.1 CONDUIT DE RACCORDEMENT

Le dimensionnement du conduit de raccordement doit être réalisé conformément à la norme NF EN 13384-1.

La section du conduit de raccordement doit être constante sur tout son parcours. Elle doit être égale ou supérieure à

la section intérieure de la buse de l'appareil de combustion.

La longueur de la projection horizontale de la ou des parties d'allure horizontale ou oblique ne doit pas dépasser 3 m pour le raccordement à un conduit individuel.

7.5.2 CONDUIT DE FUMÉE

Le dimensionnement du conduit de fumée doit être conforme à la norme NF EN 13384-1 et peut être réalisé grâce à un logiciel dédié.

Dans le cas où le système est à circuit de combustion étanche, le dimensionnement doit être réalisé selon les

dispositions de la norme NF EN 13384-1, avec les informations données dans l'Avis Technique de la chaudière à granulés de bois et dans l'Avis Technique du système d'amenée d'air comburant et d'évacuation des produits de combustion.

8

ANNEXES

ANNEXE 1 : SYMBOLES HYDRAULIQUES

Symbole	Signification	Symbole	Signification	Symbole	Signification
	Ballon échangeur ECS		Ballon hydro-accumulation		Chaudière à granulés
	Thermostats de sécurité (Tout ou rien)		Sonde de température d'eau		Sonde de température extérieure
	Régulateur en fonction de l'extérieur		Radiateur		Plancher chauffant
	Vanne trois voies de régulation progressive		Dispositif anti-retours froids		Groupe de raccordement pour vase d'expansion
	Soupape de sécurité		Purgeur automatique		Circulateur
	Vase d'expansion		Pot de décantation (pot à boue)		Collecteur distributeur
	Vanne d'équilibrage		Robinet manuel		Robinet thermostatique
	Clapet anti-retour		Disconnecteur CA		Clapet anti-pollution EA

TABEAU 1 Principaux symboles utilisés

ANNEXE 2 : DIMENSIONNEMENT DU VASE D'EXPANSION FERMÉ

LA PRESSION DE GONFLAGE

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 pression statique équivaut à la hauteur d'eau de l'installa-

tion, depuis le vase d'expansion jusqu'au point le plus élevé du circuit de chauffage. Sachant que 1 m de colonne d'eau est proche de 0,1 bar.

Si le vase d'expansion est en partie haute de l'installation (sous toiture par exemple), la pression de gonflage est de 0,5 bar, sauf si une pression minimale de fonctionnement plus élevée est demandée par le constructeur du bouilleur.

LA CAPACITÉ DU VASE

La capacité du vase doit être telle qu'elle puisse recueillir le volume d'expansion de l'installation. Or, le volume d'eau absorbé par le vase, encore appelé volume utile, ne peut pas occuper la totalité de la capacité du vase. Le volume utile est fonction des limites de pression entre lesquelles travaille le vase.

La capacité du vase doit être de :

$$\text{Vol.vase} = \text{Vol.expansion} \times p.\text{remplissage} \times p.\text{finale} / [p.\text{gonflage} \times (p.\text{finale} - p.\text{remplissage})]$$

Avec :

- Vol.vase : la capacité du vase d'expansion ;
- Vol.expansion : le volume d'expansion de l'installation correspondant au volume de dilatation de l'eau dans l'installation (voir plus loin) ;

- p.gonflage : la pression de gonflage du vase ;
- p.remplissage : la pression de remplissage de l'installation, généralement supérieure d'environ 0,2 bar à la pression de gonflage du vase pour stocker une petite réserve d'eau. La pression de remplissage est réglée à froid à l'aide du manomètre placé sur l'installation, à proximité du vase ;
- p.finale : la pression finale du vase, fixée en général à 90 % de la pression de tarage des soupapes de sûreté afin que celles-ci ne s'ouvrent pas en fonctionnement normal de l'installation (les soupapes du commerce sont tarées à 3 bar).

ATTENTION



Dans cette formule, les pressions sont exprimées en valeurs absolues.

Par exemple : une pression relative de 1,5 bar correspond à une pression absolue de 1,5 + 1 bar de pression atmosphérique soit 2,5 bar.

Dans le catalogue du fabricant, toujours choisir un vase de capacité supérieure à la capacité calculée.

Le volume d'expansion correspond au volume de dilatation de l'eau de l'installation. Il est fonction de la température

moyenne maximale de l'installation et de sa contenance en eau.

Température de l'eau	Coefficient de dilatation (remplissage à 10°C)	Température de l'eau	Coefficient de dilatation (remplissage à 10°C)
90 °C	3,56 %	65 °C	1,96 %
85 °C	3,20 %	60 °C	1,68 %
80 °C	2,87 %	55 °C	1,42 %
75 °C	2,55 %	50 °C	1,18 %
70 °C	2,24 %	45 °C	0,96 %

TABEAU 1 Coefficient de dilatation de l'eau sans antigel

La contenance en eau de l'installation correspond au volume d'eau contenu dans les canalisations, la chaudière, les émetteurs, etc. Elle peut être calculée à partir des données des fabricants.

Elle peut aussi être estimée en fonction de la puissance de l'installation et du type d'émetteurs. Les valeurs suivantes peuvent être considérées : 14 litres par kW pour une installation de radiateurs et 12 litres par kW pour une installation de planchers chauffants.

EXEMPLE



Une installation avec une température moyenne d'eau de 70°C aura un coefficient d'expansion de 2,24 % (Cf. Tableau 1). Si la contenance en eau de l'installation est de 1500 [L], alors le volume d'expansion de cette installation vaut : $\text{Vol.expansion} = 1500 \times 2,24\% = 33,6$ [L].

ANNEXE 3 : CRITÈRE DE RÉACTION AU FEU

Le (Tableau 2) fournit les équivalences de critères de réaction au feu des euroclasses et des anciennes exigences françaises.

Équivalence des réactions au feu Norme NF EN 13501-1 (euro classe)			Anciennes exigences françaises	
A1			Meilleur que M0 « Incombustible »	
A2	s1	d0	M0	
A2	s1	d1	M1	Classements à partir desquels des distances de sécurité sont à considérer
	s2	d0		
	s3	d1		
B	s1	d0		
	s2	d1		
	s3			
C	s1	d0	M2	
	s2	d1		
	s3			
D	s1	d0	M3	
	s2	d1	M4	

TABEAU 2 Critères de réaction au feu

TABLE DES MATIÈRES

1	DOMAINE D'APPLICATION	4
2	DÉFINITIONS	5
3	RÉFÉRENCES	8
	3.1	Références réglementaires 8
	3.2	Références normatives 8
	3.3	Autres documents 9
4	LES SOLUTIONS TECHNIQUES	10
	4.1	Principe 10
	4.2	Technologies de chaudières 11
	4.3	Typologies de silos de stockage des granulés 12
	4.3.1	Silos sur mesure 13
	4.3.2	Silos préfabriqués 15
	4.4	Configurations d'évacuation des produits de combustion 16
	4.4.1	Débouché des fumées 17
	4.4.2	Conduit de fumée 17
	4.4.3	Système d'évacuation des produits de combustion 17
	4.4.4	Différentes configurations d'installation 21
5	VALIDATION DE LA SOLUTION TECHNIQUE	24
	5.1	Pré-diagnostic de l'installation existante 24
	5.2	Diagnostic de l'installation existante 25
	5.2.1	Conformité du conduit de fumée 25
	5.2.2	Emplacement de la chaudière 26
	5.2.3	Type et Emplacement du silo de stockage 26
	5.2.4	Diagnostic des besoins de chauffage et d'ECS 26
	5.2.5	Conformité de l'installation hydraulique 27
6	LES RÈGLES DE CONCEPTION	28
	6.1	Optimiser le fonctionnement des appareils de chauffage aux granulés 28
	6.2	Local Technique 29
	6.3	Fonctionnement hydraulique 29
	6.3.1	Le circuit primaire 29
	6.3.2	Le circuit secondaire 32

TABLe DES MATIÈRES

6.4	Les schémas hydrauliques types	34
6.4.1	Chauffage uniquement sans ballon hydro-accumulation	34
6.4.2	Chauffage uniquement avec ballon hydro-accumulation	35
6.4.3	Chauffage et ECS sans ballon hydro-accumulation	36
6.4.4	Chauffage et ECS avec ballon hydro-accumulation	37
6.5	Evacuation des fumées	38
6.5.1	Prescriptions générales	38
6.5.2	Classification des conduits de fumée	38
6.5.3	Implantation et parcours	40
6.5.4	Réutilisation d'un conduit existant	40
6.5.5	Raccordement de plusieurs appareils à un même conduit de fumée	41
6.6.1	Accessibilité pour la livraison	41
6.6.2	Emplacement du silo	41
6.6	Silos de stockage	41
6.6.3	Ventilation du silo	42
6.6.4	Protection contre l'humidité	43
6.6.5	Dispositions propres aux silos sur mesure	43
6.6.6	Dispositions propres aux silos préfabriqués	49

7

LES RÈGLES DE DIMENSIONNEMENT 50

7.1	Performances énergétique d'un système de chauffage aux granulés	50
7.2	Dimensionnement de la chaudière	50
7.2.1	Les déperditions thermiques	50
7.2.2	Dimensionnement pour la production de chauffage seul	53
7.2.3	Dimensionnement pour la production de chauffage et d'ECS	53
7.2.4	Exemple	53
7.3	Dimensionnement des composants hydrauliques	54
7.3.1	Ballon d'hydro-accumulation	54
7.3.2	Vase d'expansion fermé	54
7.3.3	Circulateur	55
7.3.4	Vanne de régulation	55
7.4	Dimensionnement du silos de stockage	56
7.4.1	Volume du silos de stockage	56
7.4.2	Exemple	57
7.5	Dimensionnement du système d'évacuation des produits de combustion	58
7.5.1	Conduit de raccordement	58
7.5.2	Conduit de fumée	58

8

ANNEXES 59

Annexe 1 : symboles hydrauliques	59
Annexe 2 : dimensionnement du vase d'expansion fermé	59
Annexe 3 : critère de réaction au feu	61

LES CHAUDIÈRES À GRANULÉS EN MAISON INDIVIDUELLE – CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

Ces Recommandations Professionnelles ont pour objet de fournir les prescriptions techniques pour la conception et le dimensionnement des installations de chaudières à granulés de bois dans l'habitat individuel existant.

Les appareils concernés sont les chaudières automatiques et semi-automatiques utilisant exclusivement des granulés de bois comme combustible.

Les solutions techniques adaptées aux contraintes de la rénovation ainsi que les schémas hydrauliques types sont présentés. Les critères de choix et les règles de dimensionnement de chacun des composants sont exposés. Les différentes solutions de stockage du combustible sont également abordées.