

Guide du stockage de pellets de bois

Stockage de pellets
conforme aux exigences
ENplus®



Table des matières

1	Introduction.....	4
2	Chauffer aux pellets– généralités.....	5
2.1	Qualité du pellet – règles d'or	5
2.2	ENplus® – qualité de pellet certifiée	5
2.3	Livraisons de pellets – aspects qualité et sécurité	7
2.4	Les fines de pellets	8
2.5.	Dégagement de gaz et d'odeurs du bois	9
2.6.	L'eau – ennemie des pellets	10
3.	Stockage des pellets de bois.....	11
3.1.	Silo préfabriqué ou silo sur mesure?.....	11
3.2.	Quel volume de stockage?	11
3.3.	Livraison de pellets dans le silo	12
3.4.	Ventilation	14
3.5.	Nettoyage	15
4.	Silos à pellets préfabriqués	17
4.1.	Généralités	17
4.2.	Exigences relatives au local	17
4.3.	Installations extérieures	19
4.4.	Silos enterrés	19
4.5.	Silos textiles	20
5.	Silos sur mesure.....	23
5.1.	Exigences générales.....	23
5.2.	Exigences relatives aux charges statiques.....	24
5.3.	Protection contre la condensation et la pénétration d'eau.....	24
5.4.	Stockage avec un sol incliné	24
5.5.	Tapis d'impact	25
5.6.	Portes et trappes	26
5.7.	Installations dans le local de stockage	27
5.8.	Système de remplissage	28
5.9.	Recommandations de bonnes pratiques pour les locaux de stockage sur mesure	30
6.	Grands silos (jusqu'à 100 tonnes)	33

6.1.	Exigences générales.....	33
6.2.	Taille du silo.....	34
6.3.	Systèmes d'extraction de pellets de silos de grandes tailles.....	35
6.4.	Mesure du niveau de remplissage	36
6.5.	Nettoyage du silo.....	36
6.6.	Protection antidéflagrante	36
6.7.	Exigences relatives à la ventilation.....	36
7.	Pour votre sécurité.....	38
8.	Références normatives.....	39
9.	Protocole pour réception de silos à pellets.....	40

1 Introduction

Les systèmes de chauffage aux pellets sont d'une technologie relativement récente. Le manque d'expérience avec cette technologie engendre parfois des problèmes. Cela concerne également les installations de stockage. Les silos à pellets doivent satisfaire à un certain nombre d'exigences pour préserver la qualité des pellets et garantir la sécurité de l'exploitation.

La présente brochure ENplus «Guide du stockage de pellets de bois» décrit les exigences visant à préserver la qualité du combustible et à protéger l'entreposage du pellet, pour les professionnels (les installateurs par exemple) et pour les consommateurs. Il traite des spécifications techniques des silos à pellets, ainsi que des informations relatives à la sécurité et à la pertinence de leur exploitation.

Ce document ne remplace ni les directives en vigueur sur l'état de la technique, ni les directives et instructions d'installation des fabricants de chaudières ou de silos à pellets. Il ne remplace pas non plus les spécialistes en conception de silos. Il est impératif de respecter les informations de construction et les règles de remplissage fournies par les fabricants de silos à pellets, de systèmes d'extraction et de chaudières à pellets.



Jürg Schneeberger
Président de proPellets.ch

Janvier 2016

Mise à jour: août 2018

2 Chauffer aux pellets– généralités

2.1 Qualité du pellet – règles d'or

Le pellet de bois est un combustible bois moderne, normalisé et respectueux de l'environnement. Les pellets de bois sont essentiellement pressés à partir de sciure exempte d'écorces provenant de l'industrie de transformation du bois. Pendant le processus de pressage, la lignine du bois est activée et assure la résistance mécanique du pellet. Il peut éventuellement être renforcé par un liant naturel, comme l'amidon. Toutefois, la résistance mécanique reste inférieure à celle d'autres matériaux en vrac. Les processus logistiques doivent tenir compte de la grande fragilité des pellets face aux contraintes mécaniques. Livrer les pellets sans heurts et concevoir les silos de manière appropriée sont deux des conditions essentielles pour profiter d'un chauffage aux pellets l'esprit libre.

2.2 ENplus® – qualité de pellet certifiée

Il est recommandé d'approvisionner des pellets exclusivement auprès de sources certifiées ENplus®. Contrairement à d'autres certificats, ENplus® couvre la totalité de la chaîne d'approvisionnement, y compris la production et la distribution des pellets. Le site www.enplus-pellets.ch met à disposition une liste de sociétés certifiées et d'autres informations relatives à la qualité des pellets.

La norme internationale ISO 17225-2 (en Suisse SN EN ISO 17225-2) définit les principales spécifications du produit selon différentes classes de qualité de pellet. Ces classes se distinguent surtout par leur teneur en cendres et par la fusibilité des cendres (Tableau 1). Ces deux spécifications tiennent un rôle primordial dans la fiabilité du fonctionnement des poêles et chaudières. La faible teneur en cendres et une température de fusion élevée évitent le frittage des cendres (la formation d'un laitier solide). Le programme de certification ENplus® pose des limites contraignantes en matière de fusibilité des cendres, ce que ne fait pas la norme ISO.

Les classes de qualité ENplus® A1, ENplus® A2 et ENplus® B satisfont, voire dépassent, les classes de qualité correspondantes de la norme. ENplus® A1 est la plus sévère, ce qui la prédispose tout particulièrement aux petites chaudières. ENplus® A2, légèrement moins exigeante qu'ENplus® A1 (essentiellement en termes de teneur en cendres) convient aux appareils plus tolérants sur la qualité. La nouvelle ordonnance sur la protection de l'air (OPair) de novembre 2015 prescrit que seuls les pellets de qualités A1 et A2 selon la norme SN EN ISO 17225-2 peuvent être commercialisés.

Tableau 1: Principales spécifications du pellet de bois certifié

Spécification	Unité	ENplus A1	ENplus A2	ENplus B	Norme d'essai ^{k)}
Diamètre	mm	6 ± 1 oder 8 ± 1			ISO 17829
Longueur	mm	3,15 < L ≤ 40 ^{d)}			ISO 17829
Humidité	m-% ^{b)}	≤ 10			ISO 18134
Cendres	m-% ^{c)}	≤ 0,7	≤ 1,2	≤ 2,0	ISO 18122
Résistance mécanique	m-% ^{b)}	≥ 98,0 ^{e)}	≥ 97,5 ^{e)}		ISO 17831-1
Fines (< 3,15 mm)	m-% ^{b)}	≤ 1,0 ^{f)} (≤ 0,5 ^{g)})			ISO 18846
Température des pellets	°C	≤ 40 ^{h)}			–
Pouvoir calorifique net	kWh/kg ^{b)}	≥ 4,6 ⁱ⁾			ISO 18125
Masse volumique apparente	kg/m ³ ^{b)}	600 ≤ masse volumique apparente ≤ 750			ISO 17828
Additifs	m-% ^{b)}	≤ 2 ^{j)}			–
Azote	m-% ^{b)}	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1,0	ISO 16948
Soufre	m-% ^{c)}	≤ 0,04	≤ 0,05		ISO 16994
Chlore	m-% ^{c)}	≤ 0,02		≤ 0,03	ISO 16994
Température de déformation des cendres ^{a)}	°C	≥ 1200	≥ 1100		CEN/TC 15370-1
Arsenic	mg/kg ^{c)}	≤ 1			ISO 16968
Cadmium	mg/kg ^{c)}	≤ 0,5			ISO 16968
Chrome	mg/kg ^{c)}	≤ 10			ISO 16968
Cuivre	mg/kg ^{c)}	≤ 10			ISO 16968
Plomb	mg/kg ^{c)}	≤ 10			ISO 16968
Mercure	mg/kg ^{c)}	≤ 0,1			ISO 16968
Nickel	mg/kg ^{c)}	≤ 10			ISO 16968
Zinc	mg/kg ³⁾	≤ 100			ISO 16968

a) Cendres préparés à 815 °C

b) sur brut

c) sur base anhydre

d) Un maximum de 1 % des pellets peut présenter une longueur supérieure à 40 jusqu'à 45 mm. Aucun pellet ne peut présenter une longueur supérieure à 45 mm

e) au point de chargement du véhicule de transport (camion, citerne) sur le site de production

f) à la sortie de l'usine ou lors du chargement du camion pour les livraisons aux utilisateurs finaux

g) à la sortie de l'usine, lors du remplissage des sacs de granulés ou du scellage des *Big Bags*

h) au dernier point de chargement pour les livraisons par camion aux utilisateurs finaux

i) équivaut à 16,5 MJ/kg sur brut

j) la quantité d'additifs en production est restreinte à 1,8 % en masse des pellets; la quantité d'additifs en postproduction est restreinte (comme les huiles de revêtement) à 0,2 % en masse des granulés.

k) Dans l'attente de publication des normes ISO, les analyses se conforment aux normes CEN correspondantes.

2.3 Livraisons de pellets – aspects qualité et sécurité

Il convient de livrer les pellets de bois avec des camions de vrac spécialisés. Les camions sont équipés d'un compresseur dont l'air déplace le pellet dans un tuyau (souffleur).

Pendant le soufflage, une partie l'air comprimé est guidée dans la chambre de pression du véhicule pour desserrer les pellets et l'autre partie sert à leur propulsion dans le tuyau. Les granulés sont transportés avec le flux d'air à travers le tuyau. Sur de courtes distances, il peut être intéressant de souffler le pellet avec davantage de pression et peu d'air d'entraînement. Il appartient au chauffeur de régler la pression et le débit de manière adaptée, sur place, en fonction du contexte.

Le camion de livraison est également équipé d'un système de pesée embarquée, de tuyaux protégés à l'intérieur afin de réduire l'abrasion et d'un ventilateur d'aspiration doté d'une manche filtrante, afin de créer une légère dépression dans le silo. Si le silo n'est pas étanche, il est impossible de créer cette dépression et l'air chargé de particules poussiéreuses s'échappe, risquant de causer des désagréments. Le silo à pellet doit être étanche à la poussière.

De nombreux silos préfabriqués ne requièrent selon les instructions du fabricant aucune aspiration pendant la livraison. Pour ceux-ci, l'air s'échappe à travers le tissu du silo. Dans ce cas, l'air soufflé (jusqu'à 1 500 m³/h) doit pouvoir s'échapper par les fenêtres, les portes ou autres ouvertures afin d'éviter toute surpression dans la pièce. Pour souffler le pellet en toute sécurité et sans l'endommager, l'opérateur du système de chauffage doit respecter les dispositions suivantes:

- Les instructions de remplissage du silo doivent être clairement affichées et visibles pour le chauffeur-livreur de pellets.
- Le système de chauffage doit être arrêté conformément aux instructions du fabricant ou au moins une heure avant la livraison.

Les revendeurs de granulé certifiés ENplus génèrent et transmettent un bulletin de livraison consignat toutes les informations importantes à propos du pellet, du silo et du processus de soufflage.

Le client doit couper la chaudière avant la livraison du granulé. Les instructions du fabricant de la chaudière doivent préciser ce délai. Sinon, le fournisseur de granulé ne peut pas procéder à la livraison, pour des motifs juridiques. Exception: le client confirme par écrit – normalement sur le bulletin de livraison – que le fabricant de la chaudière autorise la livraison de granulés sans devoir arrêter la chaudière.

2.4 Les fines de pellets

Les fines désignent les fragments de granulés brisés qui passent à travers un tamis dont le diamètre des mailles mesure 3,15 mm. Une proportion élevée de matières fines dans le silo risque de causer des problèmes dans la chaudière ou dans le système de prélèvement du pellet.

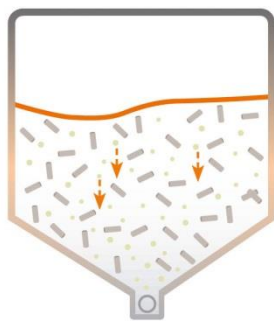
Les fines dans le silo de granulé proviennent essentiellement de la contrainte mécanique que subit le pellet pendant sa livraison, pendant le remplissage du silo et pendant le transfert à la chaudière. Les coudes des tuyaux, les tapis d'impact inappropriés, les obstacles sur le passage du pellet, une vitesse élevée et un faible facteur de charge solide pendant la livraison augmentent la part de matières fines dans le silo.

Un taux de fines élevé au niveau de la chaudière peut également provenir de dommages créés par le système de transfert du granulé entre le silo et la chaudière. Un phénomène de séparation des particules dans le silo concentre au fil du temps les matières fines au fond du silo à granulés (Figure 1).

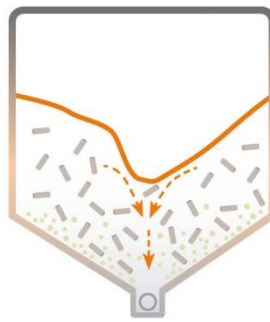
Pour garantir le bon fonctionnement de la chaudière, il peut s'avérer nécessaire de nettoyer le silo. Il est judicieux de se concerter avec le fournisseur de pellets pour savoir si une intervention est nécessaire et quand. Il est conseillé d'effectuer cette opération en été.

Les fournisseurs certifiés *ENplus* acceptent les réclamations pour un taux de matières fines dépassant 4% dans le silo aux conditions suivantes:

- La distance de soufflage (conduite fixe chez le client comprise) < 30 m.
- Le silo de pellets est conforme à la présente brochure *ENplus* «Guide du stockage de pellets de bois».
- Au maximum 20 % de la nouvelle livraison a été utilisée.
- La quantité de granulés résiduels avant la livraison était inférieure à 10 % de la capacité de stockage.
- Un nettoyage de silo a réellement été effectué suite aux recommandations du fournisseur de pellets.



Séparation entre les matières fines et les granulés



Flux pendant le prélèvement des granulés;
 - les granulés situés en haut sont prélevés en premier
 - les matières fines s'accumulent sur les surfaces inclinées et au fond du silo

© Deutsches Pelletinstitut

Quelle: Deutsches Pelletinstitut (DEPI)

Figure 1: Illustration de la séparation des particules qui augmente le taux de fines dans le silo de pellets

N.B. La séparation des particules survient pendant la livraison. Les résultats sont également visibles lorsque la surface d'une paroi de silo inclinée apparaît poussiéreuse. L'aspect poussiéreux d'une surface ne signifie pas que les pellets sortent des spécifications ENplus.

2.5. Dégagement de gaz et d'odeurs du bois

Les pellets sont un combustible écologique, sans risque et sans danger pour la santé si on les manipule correctement. Le pellet frais risque de dégager une odeur désagréable dans le silo, cela dépend de l'essence de bois utilisé. Cette odeur disparaît habituellement après quelques semaines. L'odeur provient de ce que l'on appelle le dégazage de la matière bois. Le dégazage correspond aux émissions de composés organiques naturels, elles-mêmes provenant d'extraits de substances naturelles, d'huiles de bois, de graisses et de résines qui ont été activés pendant le processus de pressage et qui dégagent pour quelques semaines.

Comparé à d'autres produits bois, les pellets de bois présentent une surface supérieure et leur structure cellulaire a subi de fortes contraintes pendant la production. Cela accélère la dissipation des composés volatils, notamment pour des granulés frais stockés à une température élevée. Les émissions ont tendance à diminuer en quelques semaines et l'odeur disparaît totalement.

Les émissions des pellets de bois sont formées de composés organiques volatils (COV), de monoxyde de carbone (CO) et de dioxyde de carbone (CO₂). Les COV incluent des terpènes, responsables d'une possible odeur «chimique» proche de la térébenthine. D'autres composés, comme les aldéhydes et le monoxyde de carbone présentent un risque sanitaire et ne doivent pas atteindre la zone d'habitation. Il est donc impératif d'isoler hermétiquement les silos de pellets de bois (y compris les modèles préfabriqués) des espaces d'habitation. La ventilation du silo à l'air libre facilite la dispersion des émissions et accélère la dissipation des composés odorants, jusqu'à ce que l'odeur soit disparue totalement.

2.6. L'eau – ennemie des pellets

Les pellets sont hygroscopiques, ce qui signifie qu'ils absorbent rapidement l'eau et augmentent simultanément leur volume. Si une importante quantité d'eau pénètre dans un silo de pellets (p. ex. pendant une inondation), son tissu ou ses parois risquent d'être, dans de rares cas, endommagés par les pressions induites. Les pellets perdent également leur forme et s'agglomèrent. Ils ne peuvent donc plus servir de combustible et doivent être rapidement débarrassés avant de sécher et de durcir.

Contrairement aux citernes à mazout, les silos à pellets inondés ne présentent aucun danger pour l'environnement. Néanmoins, il est recommandé de vider les silos à pellets lorsque les prévisions météorologiques annoncent des inondations, car il se pourrait que les fondations du bâtiment soient endommagées.

La vidange des pellets secs peut être effectuée par un fournisseur de pellets dont le camion est capable d'aspirer les pellets. En cas de pellets mouillés un véhicule d'épuration de canalisations peut être commandé. Le déblayage des pellets à la main est contraignant et peu efficace.

3. Stockage des pellets de bois

3.1. Silo préfabriqué ou silo sur mesure?

Dans le passé il était courant de construire des silos à pellets dans des pièces ou des caves existantes, souvent conçues et construites par le propriétaire. Aujourd'hui, les silos préfabriqués à monter soi-même sont de plus en plus utilisés.

Un silo à pellets sur mesure présente plusieurs avantages, dont l'optimisation de l'espace et, dans le cas de locaux de stockage pourvus de murs extérieurs, la facilité d'accès pour le remplissage et les buses d'aspiration. Toutefois, des silos mal construits risquent de provoquer des gênes importantes et d'exposer les personnes à de graves dangers. L'exemple le plus courant est l'étanchéité défailante du silo qui laisse passer la poussière ou les odeurs.

Les systèmes d'entreposage préfabriqués proposent une solution efficace et complète, dont des dispositifs adaptés de remplissage et de prélèvement, qui garantissent et préservent la qualité des pellets et la sécurité de l'exploitation. Il est donc vivement recommandé d'utiliser des systèmes de stockage de pellets préfabriqués.

Les silos sur mesure doivent généralement être planifiés, construits et équipés par des professionnels qualifiés. Des professionnels qualifiés, soit les installateurs et les planificateurs formés spécialement, peuvent être trouvés à partir du printemps 2016 sur le site internet de proPellets.ch: www.propellets.ch et www.pelletsexperte.ch.

3.2. Quel volume de stockage?

Les silos à pellet des particuliers (< 70 kW) doivent contenir la consommation de pellets annuelle, ce qui réduit le nombre de livraison. Le volume de stockage recommandé varie donc en fonction du besoin en chauffage du bâtiment. Il est possible de confier le calcul du besoin de chauffage à des experts ou de l'estimer à partir de la consommation de combustible du système de chauffage précédent. Si le système de chauffage est une conversion depuis un système à mazout, le besoin de pellets (exprimé en kilogrammes) correspond à deux fois la consommation de mazout (exprimée en litres). Les valeurs communiquées dans le Tableau 2 se basent sur un système de chauffage au mazout dont les valeurs d'efficacité s'approchent de celles du nouveau système à pellets. Pour remplacer un système de chauffage au mazout peu efficace, il convient de réduire de 20% les valeurs de consommation de pellets et le volume de stockage recommandés dans le tableau.

Tableau 2: Recommandations portant sur les volumes de stockage destinés aux systèmes de chauffage au pellet

Besoin de chauffage exprimé en kWh/an	5000	10000	20000	50000
Consommation de mazout en l/an	625	1250	2500	6250
Besoins de pellets en kg/an	1250	2500	5000	12500
Volume de stockage recommandé en m ³	2.5	5	10	25

La capacité de stockage réelle est toujours inférieure au volume théorique total du local. Les sols surélevés ou inclinés diminuent le volume. Le remplissage des pellets ne dépassera pas le bord inférieur de l'embout de remplissage et suivra une pente descendante en ligne droite depuis l'embout de remplissage.

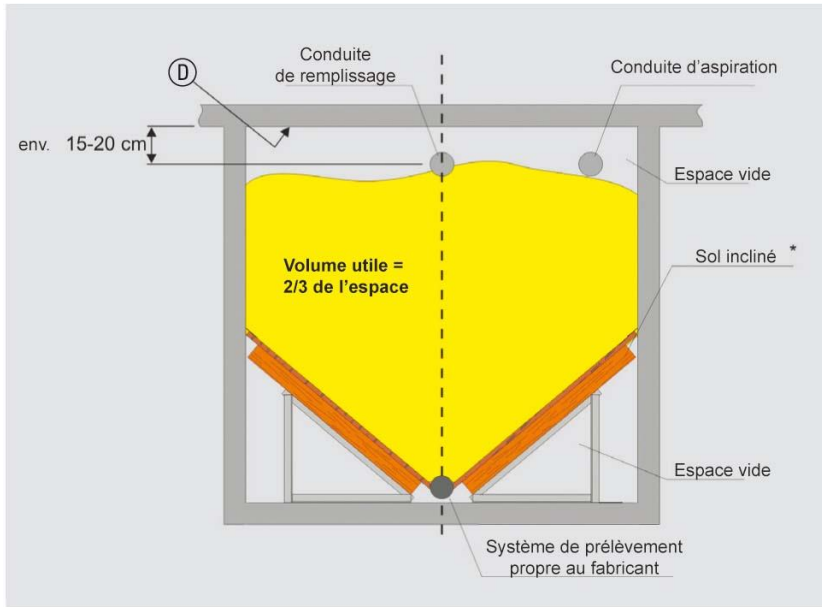


Figure 2: Volume perdu d'un silo

Lors de la planification de systèmes de chauffage supérieurs (> 70 kW), d'autres facteurs entrent en ligne de compte. Il est nécessaire de calculer la capacité de stockage pour pouvoir accueillir plus que la capacité maximale du plus gros camion de livraison potentiel.

La capacité du silo doit dépasser celle du camion pour permettre les livraisons par camion complet sans devoir vider le silo à chaque fois. Les conditions d'accès déterminent le tonnage du plus gros camion de livraison. Il est recommandé de contacter un fournisseur de pellets avant de commander un système de chauffage, pour déterminer le tonnage du plus gros camion de livraison qui pourra accéder au silo et pour concevoir au mieux le système de stockage.

3.3. Livraison de pellets dans le silo

Les pellets en vrac sont livrés par un camion-citerne qui souffle le pellet jusqu'au silo. Il convient d'éviter les longues distances de soufflage, les coudes pour les changements de direction et les écarts de hauteur entre le camion et le silo, car ils augmentent les contraintes mécaniques que subit le granulé pendant le soufflage, ce qui accroît le taux de matières fines. Le tuyau de remplissage et la conduite de remplissage installés doivent être aussi courts que possible, sans que l'ensemble ne dépasse 30 m. Au cas où de plus grandes distances sont prévues, les solutions techniques doivent être discutées et décidées avec un fournisseur de pellets (Figure 3). Une conception appropriée implique de courtes distances et des conditions de soufflage qui ne compromettent pas la qualité des pellets.

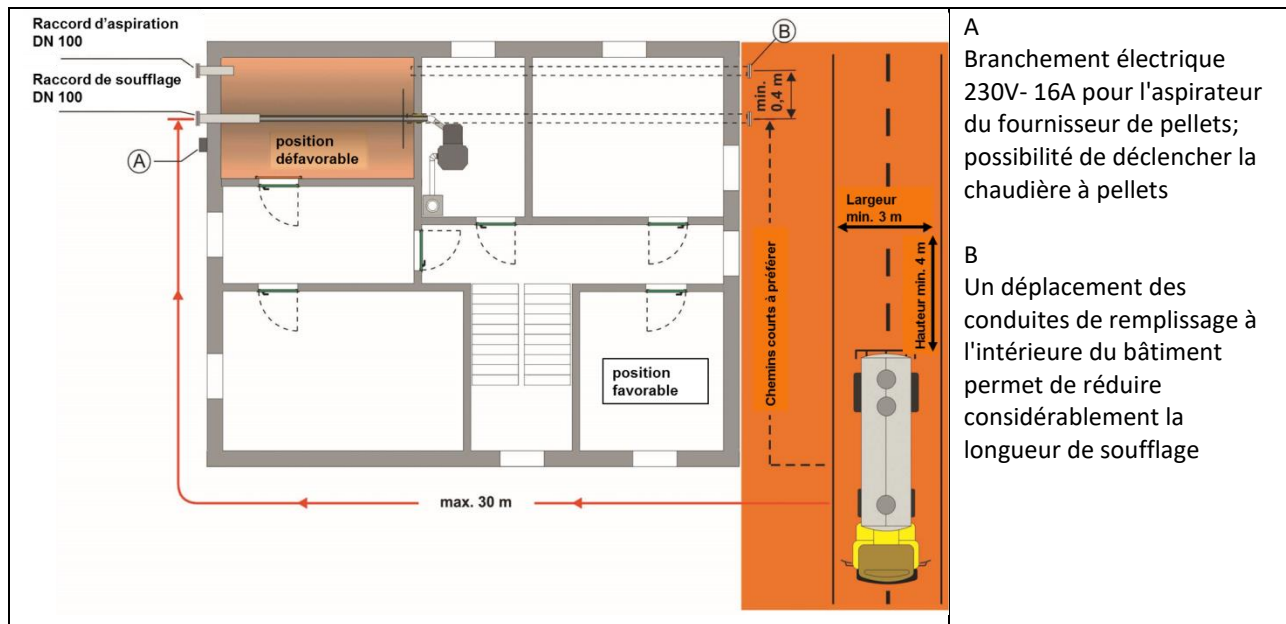


Figure 3: Implantation et accessibilité du silo à pellets.

Il convient de tenir compte des aspects suivants au moment de la conception du silo:

- Le silo doit être accessible aux camions souffleurs de livraison, en version camion solo, camion-remorque ou semi-remorque. Une largeur de voie d'au moins 3,5 m et une hauteur au minimale de 4 m. Il faut également tenir compte de la pente, de l'état de la voie d'accès en hiver et des autres contraintes telles que le stationnement d'autres véhicules.
- Tenir compte également du rayon de braquage et du poids total du camion.
- Le camion doit pouvoir se garer de manière légale, sans créer d'entrave pendant la durée de la livraison (parfois plus d'une heure).
- Il est préférable de poser les raccords de soufflage/aspiration sur un mur extérieur. Si ce n'est pas possible, ils doivent être le plus accessibles possible, au travers d'une fenêtre de cave ou d'une porte. Dans ce cas, les tuyaux doivent pouvoir passer sans encombre, en tenant compte de leur rayon de courbure et de leur montage.
- Il convient de réaliser tous les changements de direction avec le moins de coudes possibles et des rayons de courbure suffisamment longs. Il est recommandé d'éviter autant que possible les coudes à 90°. S'il est impossible d'éviter un coude à 90°, respecter un rayon interne minimal de 200 mm (également désigné 5D).
- Les raccords de remplissage sont placés à une hauteur maximale de 1,8 m, afin de pouvoir raccorder les tuyaux en toute sécurité. Sinon, il est impératif de prévoir une rampe ou une plateforme d'accès sécurisé.
- Les raccords et les tuyaux présentent un diamètre intérieur de 100 mm et sont constitués d'éléments robustes mis à terre.
- Les raccords de remplissage sont de type «Storz A» (100 mm).

- Les raccords de soufflage et d'aspiration doivent porter un étiquetage mentionnant leur fonction. Il est indispensable d'installer un embout d'aspiration distinct et suffisamment décalé pour éviter que des pellets soufflés de la conduite voisine soient aspirés. Éviter de souffler dans l'embout d'aspiration.
- Il est impératif que les conduites fixes soient conductrices et qu'un électricien professionnel les raccorde à la terre au moyen d'un câble (4 mm²) jusqu'à une borne de mise à la terre.
- Le ventilateur d'aspiration nécessite un raccord électrique 230 V, 16 A. Il faut veiller à ce que le ventilateur d'aspiration soit installé à l'extérieur dans la mesure du possible. Une longueur de tuyau supérieure à 5 m entre raccord d'aspiration et ventilateur d'aspiration entraînera une perte de puissance et peut entraver le fonctionnement correct du ventilateur d'aspiration.

3.4. Ventilation

Le dégazage et les dysfonctionnements de l'appareil de chauffage peuvent provoquer des dégagements de gaz nocifs (p. ex. monoxyde de carbone CO) dans le silo à pellets. Deux simples règles de sécurité permettent d'éliminer tout danger:

- Le silo doit être hermétiquement isolé de l'espace d'habitation du bâtiment.
- Le silo doit être ventilé à l'air libre afin d'éviter l'accumulation de concentrations nocives de CO.

La ventilation des locaux de stockage s'effectue le plus aisément moyennant des bouchons de ventilation équipant les raccords d'aspiration et de remplissage (voir Figure 4 et Figure 5). Ceci s'applique aux locaux de stockage d'une capacité maximum de 40 t ou d'une taille de 60 m³. Il est possible de commander les bouchons de ventilation auprès du fournisseur de chaudières ou des revendeurs de granulés certifiés; les adresses se trouvent ici: www.propellets.ch/shop. Les silos préfabriqués en tissu respirant ne requièrent pas de bouchon de ventilation. Toutefois, une ventilation suffisante du local s'impose.



Figure 4: bouchon de ventilation en matière plastique Figure 5: bouchon de ventilation métallique

La directive SICC HE200-01 (Société suisse des ingénieurs en technique du bâtiment) décrit les exigences techniques détaillées relatives à la ventilation des locaux de stockage. Le Tableau 3 fournit un aperçu des exigences de ventilation pour les silos d'une capacité maximum de 10 t (15 m³). Pour les silos plus grands dont la capacité dépasse 10 t, elles figurent dans le Tableau 8.

Tableau 3: Exigences relatives à la ventilation des silos de stockage de pellets

Longueur de la conduite de ventilation	Taille du local < 10 t
< 2 m	<p>Ventilation par bouchon répondant aux exigences suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> deux bouchons de ventilation sur deux raccords de type «Storz A»; <ul style="list-style-type: none"> Les ouvertures de ventilation doivent s'ouvrir vers l'extérieur ou vers le local bien ventilé hébergeant la chaudière. section totale de la conduite de 40 cm² au minimum.
> 2 ... ≤ 5 m	<p>Ouverture de ventilation répondant aux exigences suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ventilation à l'air libre; section de la conduite de ventilation de 100 cm² au minimum; passage de 80 cm² au minimum.
> 5 ... ≤ 20 m	<p>Ventilation mécanique répondant aux exigences suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ventilation du local à l'air libre par une conduite et un ventilateur; ventilateur à taux de renouvellement de l'air par heure d'au moins trois fois le volume brut du local de stockage; le fonctionnement du ventilateur doit être couplé à l'ouverture de la porte du silo.

Il est impératif de ventiler tous les silos de pellets. Les ouvertures de ventilation ne doivent pas être placées directement sous les fenêtres ou les entrées d'air du bâtiment.

Ne jamais pénétrer dans le silo avant de mesurer la concentration de CO et/ou sans une deuxième personne restant à l'extérieur du silo (pour les silos ≤ 10 t, à observer seulement les premières 4 semaines après la livraison).

3.5. Nettoyage

Dans certains cas, par exemple lors de révisions ou lors de nettoyage, il peut être nécessaire de pénétrer dans le silo. Cela implique une exposition potentiellement grave. Il convient donc de réduire le nombre d'interventions et de respecter scrupuleusement les règles de sécurité (consulter le chapitre 7: Pour votre sécurité):

Pour garantir un fonctionnement continu et sécurisé, il peut être nécessaire de nettoyer le silo. Il convient de se consulter avec le fournisseur de pellets afin de déterminer si une action est nécessaire.

Le but est de retirer l'accumulation de matières fines au fond du silo et la poussière sur les parois, les embouts de remplissage et les autres surfaces. À prendre en compte lors du nettoyage:

- La chaudière et le système de prélèvement de granulés sont coupés.
- Le local a été suffisamment ventilé avant d'y pénétrer et une deuxième personne est présente à l'extérieur du silo (voir Pour votre sécurité).
- Le nettoyage de silos préfabriqués est à effectuer selon les instructions du fabricant.

- Porter un masque anti-poussières adapté doté d'un filtre P2 (EN 143) ou N95 (US NIOSH Standard), un masque oculaire ajusté pour protéger les yeux des poussières et couvrir la peau, dans la mesure du possible.
- Le silo doit être aspiré et non balayé. Les normes de santé et de sécurité au travail imposent l'utilisation d'un aspirateur industriel doté d'un filtre de classe M (EN 60335).
- Seules les personnes équipées d'un détecteur portable de monoxyde de carbone (CO) sont autorisées à pénétrer dans les silos enterrés et les locaux de stockage de grande capacité (généralement > 10 tonnes [$> 15 \text{ m}^3$], consulter la réglementation nationale).

La fréquence de nettoyage du silo est à convenir avec le fournisseur de pellets, en fonction du besoin spécifique à chaque installation.

4. Silos à pellets préfabriqués

4.1. Généralités

Les silos préfabriqués allègent considérablement les processus d'installation et de planification, par rapport aux silos à construire soi-même. En outre, ils remplissent toutes les exigences techniques et de sécurité. Il est possible de les installer dans des caves, des garages ou des ateliers, sous des abris pour voitures, comme des citernes enterrées et à l'air libre. Il est nécessaire d'installer et d'exploiter les silos préfabriqués conformément aux instructions du fabricant.

Le silo à combustible fait partie intégrante du système de chauffage. Il incombe à l'installateur du système de chauffage d'intégrer efficacement les différents éléments. Il doit garantir l'interopérabilité de la chaudière, du dispositif de prélèvement des pellets et du silo à pellets. Il lui revient de documenter les éléments utilisés et de certifier l'adéquation de son installation. Une liste des experts en installation de chauffage à pellets est à disposition sur le site internet www.propellets.ch ou www.pelletsexperte.ch à partir du printemps 2016.

4.2. Exigences relatives au local

La condition prioritaire de l'installation d'un silo préfabriqué est une base rigide et de niveau. Sinon, il est nécessaire de compenser les écarts de hauteur avec des cales adaptées et stables. La fondation doit supporter des charges statiques aux points de contact et le poids total du silo avec son contenu. Les locaux dont le taux d'hygrométrie atteint 80% au maximum saisonnier conviennent, dans la mesure où l'air circule autour du silo. Le local doit être ventilé pour éviter toute accumulation dangereuse de CO.

Distance aux murs, plafonds et installations

De nombreux systèmes de stockage requièrent des distances suffisantes avec les murs environnants, le plafond et les installations, comme les lampes et les tuyaux. Il est recommandé de prévoir suffisamment d'espace autour des silos en tissu pour qu'ils puissent se gonfler pendant le processus de soufflage. Dans certains cas, le tissu est gonflé au début de la livraison, de sorte que le tissu suspendu se tende avant que le silo ne reçoive les pellets. En règle générale, le tissu gonflé ne doit pas entrer en contact avec les raccords et l'équipement. Il ne doit pas non plus être limité par la hauteur de plafond, sauf si le fabricant l'y autorise explicitement.

Il convient également de tenir compte des facteurs suivants:

- Les conduites peuvent perdre leur étanchéité ou engendrer de la condensation.
- Le sac en tissu doit rester libre et sans contraintes pour éviter d'accroître le taux de fines.
- Le tissu ne doit jamais entrer en contact avec des lampes au plafond ou sur les côtés. La chaleur risque de l'endommager.
- Un silo en tissu doit disposer de suffisamment d'espace pour se déployer complètement. Le tissu ne doit pas se plisser avec le soufflage, car cela l'endommagerait.
- Il convient de placer les embouts de soufflage de sorte que les pellets ne heurtent que les surfaces de tissu consolidé sans endommager les coutures.

Les silos préfabriqués dépourvus de conduites de remplissage depuis l'extérieur requièrent suffisamment d'espace autour des raccords pour éviter de former un coude trop serré entre le raccord de remplissage et le tuyau de soufflage. Il convient de préserver une distance minimale d'un mètre entre le raccord et les parois. Il est recommandé d'installer des conduites de remplissage fixes avec des raccords sur le mur extérieur.

La diversité des systèmes de stockage impose d'afficher clairement les instructions à l'attention du chauffeur-livreur.

Mise à la terre

Il est possible d'installer les silos préfabriqués à l'intérieur ou à l'extérieur. Beaucoup de modèles sont constitués d'un châssis et d'un tissu en polyester. D'autres sont formés de plaques métalliques. Il est nécessaire de raccorder le silo à la terre pour dériver l'électricité statique créée par le soufflage du pellet. Seul un électricien qualifié peut raccorder le silo à la terre à l'aide d'un câble (4 mm²) reliant les raccords à une borne de compensation de potentiel.

Ventilation

Le local d'installation d'un silo textile doit être pourvu d'une conduite de ventilation à l'air libre et être isolé hermétiquement de l'espace d'habitation.

- Lorsque les conduites de soufflage et d'aspiration sont installées à l'extérieur (longueur < 2m), des bouchons de ventilation installés sur les raccords suffisent à assurer le débit nécessaire (capacité max. du silo 40 t).
- Dans toutes les autres situations, le local où se trouve le silo doit disposer d'au moins une ouverture à l'air libre, qui ne puisse pas être fermée (consulter le Tableau 3: Exigences relatives à la ventilation des silos de stockage de pellets).

Pour les silos textiles dépourvus d'un raccord d'aspiration, le flux d'air servant au transfert des pellets s'évacue à travers le textile. Dans ce cas, pendant la livraison, le flux d'air (jusqu'à 1 500 m³/h) doit pouvoir s'échapper par les fenêtres, les portes et les autres ouvertures.

4.3. Installations extérieures

En règle générale, il est également possible de monter les silos préfabriqués à l'extérieur d'un bâtiment. A côté des exigences statiques, il convient de tenir compte de la force du vent pour les installations à l'extérieur. Selon le type de silo et son matériau, une protection contre les rayons UV peut s'avérer nécessaire. Les silos textiles requièrent également une protection contre la pluie (Tableau 4).

Tableau 4: Exigences particulières pour l'installation à l'extérieur d'un silo à pellets préfabriqué (GRP=plastique renforcé de fibre de verre)

Type de silo	Protection contre les rayons UV	Protection contre la pluie
Silo textile	Respecter les instructions du fabricant	Fondamentale
Silo métallique hors-sol	Pas nécessaire	Pas nécessaire
Silo hors-sol en GRP	Pas nécessaire	Pas nécessaire
Silo hors-sol en plastique	Respecter les instructions du fabricant	Pas nécessaire
Silo hors-sol en béton	Pas nécessaire	Pas nécessaire

4.4. Silos enterrés

Les silos à pellets construits sous le niveau du sol sont soumis à des exigences particulières et doivent notamment:

- présenter une imperméabilité totale à l'humidité et à toute pénétration d'eau;
- éviter la condensation de l'air ambiant en cas de fluctuations de l'humidité liée à des changements de température par exemple;
- être protégée contre une poussée ascensionnelle provoquée par l'élévation de la nappe phréatique;
- être quasiment totalement vidangeable;
- offrir de raccords de remplissage qui sont accessibles en toute sécurité pour le fournisseur de pellets.

Les silos enterrés sont composés de béton ou de plastique (voir Figure 6 et Figure 7). Le prélèvement s'opère par aspiration par le haut ou par le fond.

En cas de prélèvement par le fond, la partie inférieure du silo est conique. Le prélèvement des pellets vers le convoyeur a lieu au point le plus bas. Il s'exerce une pression statique très importante sur les pellets situés dans la zone de prélèvement, qu'il est nécessaire d'alléger par des mouvements rotatifs, des vibreurs, de l'air de retour ou des agitateurs dépendant du fabricant.

Il est également possible de prélever les pellets par le haut à l'aide d'un flexible et d'une tête d'aspiration rotative. L'appareil repose sur les pellets et se déplace lentement en tournant autour du silo. Dans certains systèmes, l'air aspiré est retourné dans le silo.

Les silos enterrés sont étanches. Pendant la livraison des pellets, il convient de créer une dépression à l'aide d'un ventilateur mobile d'une capacité supérieure au débit d'air maximal (à température et pression normales) du souffleur, qui équipe le véhicule de livraison. Si le fabricant du silo n'a pas prévu de raccordement électrique (min. 16A 230VAC), il doit être installé à l'extérieur du silo.



Figure 6: silo enterré en plastique avec prélèvement par le bas

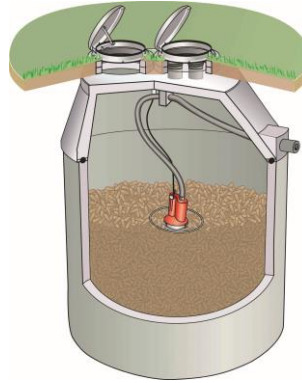


Figure 7: silo enterré en béton avec prélèvement par le haut

En raison de son étanchéité, le silo enterré est sujet à de fortes concentrations de CO. Il est donc impératif de pénétrer dans les silos enterrés uniquement après une ventilation suffisante et après avoir mesuré le taux de CO. Une deuxième personne doit être présente!

4.5. Silos textiles

Les silos existent dans de nombreux matériaux et sous de nombreuses formes: ronds, carrés, rectangulaires et de différentes hauteurs. La partie inférieure des silos textile est fréquemment conique pour permettre le prélèvement des pellets. Il existe d'autres formes courantes: trémies en auge, trémie à levage et trémie à fond plat. Le prélèvement des pellets a lieu soit par le fond au moyen d'une vis sans fin ou d'un dispositif aspirant, soit par le haut au moyen d'un dispositif aspirant flexible. Tableau 5 donne un aperçu des formes les plus courantes de silos textile.

Tableau 5: Exemples de formes de silos textiles

Les **silos coniques** ressemblent à une pyramide inversée. Le prélèvement se fait au point le plus bas à l'aide d'un dispositif aspirant ou de courtes vis horizontales, raccordés à un souffleur de pellets à vide ou à une vis d'extraction.

Les silos coniques présentent l'avantage d'être modulaires c'est-à-dire qu'il est possible de relier plusieurs silos en série. Dans ce cas, des dispositifs à commutation automatique régulent les points de prélèvement. Le principe de la modularité permet une capacité de stockage très élevée, y compris dans des locaux bas de plafond.



Les **trémies en auge** offrent une capacité importante dans des locaux étroits. Leur forme permet de les remplir jusqu'au plafond. Le prélèvement a lieu au moyen d'une vis qui entraîne les pellets vers un point de dépression ou directement vers la chaudière à pellets, ou au moyen de plusieurs dispositifs d'aspiration.



Les **silos à fond plat** ne présentent aucune surface inclinée. Leur forme optimise l'utilisation de l'espace. Le poids est supporté par une surface plus importante.

Le prélèvement des pellets par le fond fait appel à un agitateur doté d'une vis de prélèvement ou à un dispositif d'aspiration. Il est également possible de prélever les pellets par le haut à l'aide d'une sonde d'aspiration flexible. Il n'est pas facile de nettoyer totalement les systèmes à fond plat. Selon la construction, 2 à 15% de pellet restent dans la trémie.



Les **trémies dotées d'un châssis a répartition** offrent moins de capacité qu'une trémie à fond plat, car il faut préserver une courte distance entre le fond de la trémie et le sol. Un prélèvement efficace passe par un vibreur. On réduit ainsi le volume de pellet résiduel.



5. Silos sur mesure

5.1. Exigences générales

Les silos à pellets exigent une planification soignée. Leur conception et leur installation incombent à des professionnels. Il est possible de stocker des pellets dans des caves, des garages, des greniers ou d'autres locaux adaptés. Cependant, il est nécessaire de respecter les exigences légales ou réglementaires relatives au stockage des combustibles. Pour la protection de l'incendie ce sont les instructions AEAI: «106-15 Chauffages à pellets» (voir chapitre 5.6, Tableau 6), disponibles sous le lien www.praever.ch, qui prévalent. Il convient en outre d'observer la directive SICC HE 200-01 de la Société suisse des ingénieurs en technique du bâtiment. Celle-ci est en vente auprès de la SICC.

Le silo est généralement de forme rectangulaire, au sol (consulter la Figure 8). Il convient d'installer les raccords de soufflage et d'aspiration sur le côté étroit du silo. Il est nécessaire d'accéder facilement aux raccords de soufflage et d'aspiration. Le silo retenu doit être dépourvu d'installations électriques ou d'eau et de gaines d'aération. Il convient d'atténuer le choc des pellets entrants sur les parois du silo à l'aide de tapis d'impact adaptés. Les plafonds et les murs doivent être composés de matériaux qui ne risquent pas de contaminer les pellets.

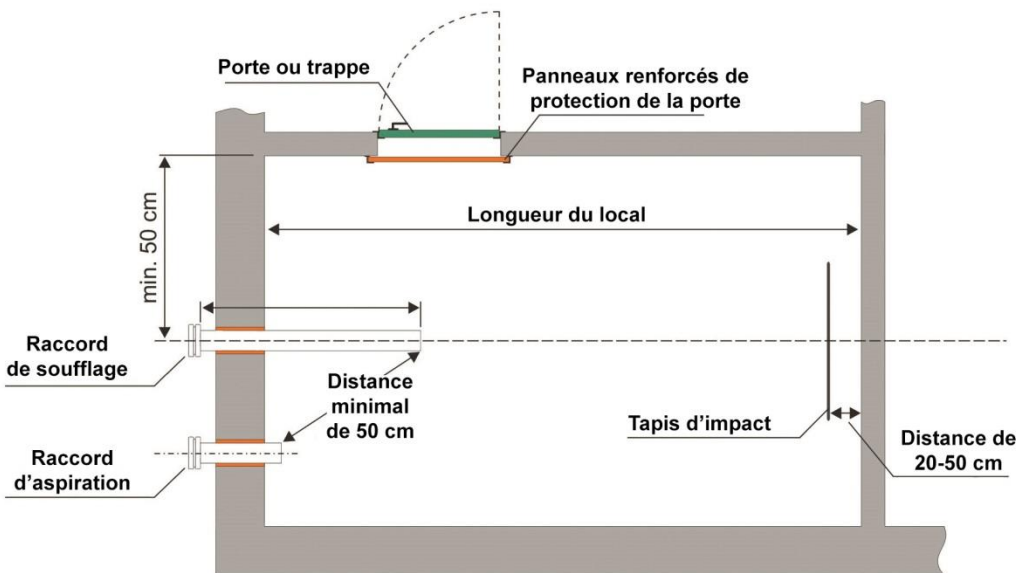


Figure 8: Configuration générale d'un silo à pellets sur mesure

Concernant le risque d'explosions lié à la poussière, on affecte souvent la classe ATEX Zone 22 aux silos de pellets, c'est-à-dire qu'ils risquent de contenir une atmosphère explosive pendant de courtes périodes (le soufflage des pellets). Toutes les surfaces verticales à l'intérieur du silo doivent être lisses pour éviter l'accumulation de poussières. Il est recommandé d'éviter les surfaces horizontales. Toutes les conduites et tous les raccords doivent être conducteurs et mis à la terre par un professionnel.

Le local de stockage doit être étanche afin d'éviter toute infiltration de gaz ou de poussières dans les autres pièces du bâtiment. Il est impératif que le local soit ventilé conformément aux dispositions du Tableau 3.

5.2. Exigences relatives aux charges statiques

Le sol, les murs et le plafond environnants doivent résister aux contraintes statiques et dynamiques qu'imposent les pellets (masse volumique apparente de 650 kg/m^3 en moyenne) et la fluctuation de pression; la tolérance doit être supérieure à la surpression de $0,05 \text{ bar}$ ($=500 \text{ kg/m}^2$).

Il est préférable de ne pas construire les murs en béton cellulaire car les risques de fissures aux jointures sont trop élevés. On ne doit pas installer de fenêtres en verre ou en matière synthétique, sauf si elles peuvent soutenir la pression. Il est impératif que tous les raccords sur la maçonnerie, dans les angles et entre les murs soient étanches. Pour des silos à pellets plus grands, il convient de consulter un professionnel qualifié en ingénierie civil et en protection incendie.

Concernant les locaux de stockage d'une capacité jusqu'à 10 tonnes [$< 15 \text{ m}^3$] et d'une hauteur sous plafond jusqu'à 2 mètres, les constructions de mur suivantes ont fait leurs preuves:

- béton armé: 10 cm d'épaisseur;
- mur de briques: de 17,5 cm d'épaisseur, scellé au mortier de chaque côté, angles renforcés et reliés au plafond;
- constructions en bois: poutres de 12 cm, écart de 62 cm, panneaux de coffrage 3 plis ou multicouche, joints au plafond, au sol et aux murs. Certaines conceptions de construction requièrent l'utilisation de renforts en acier.

5.3. Protection contre la condensation et la pénétration d'eau

Les pellets sont hygroscopiques. En contact avec l'eau et les surfaces humides, ils gonflent, ne peuvent plus brûler et obstruent les conduites de transfert. Respecter les règles suivantes:

- Les silos à pellets doivent être totalement secs. Le sol et les parois du silo peuvent être humides, notamment dans les bâtiments en construction. Il ne doit pas être utilisé avant d'être totalement sec.
- Veiller à ce que l'hygrométrie ne dépasse pas 80%.
- Si les murs présentent un risque d'humidité (même temporaire), il est fortement recommandé d'utiliser un silo préfabriqué. Sinon il est nécessaire de couvrir les murs du local de stockage en insérant un vide (par exemple en montant une fausse paroi en bois).

5.4. Stockage avec un sol incliné

L'inclinaison du sol dirige les pellets vers la vis sans fin ou le système de prélèvement, par la seule gravité. Elle doit suffire à vider totalement le silo. La construction de locaux de stockage avec un sol incliné (Figure 9) doit respecter certaines règles de conception importantes:

- Les fonds inclinés doivent résister au poids des pellets. Un châssis robuste et stable est indispensable.
- Les poutres du châssis du silo à pans inclinés doivent être soutenues par des équerres tous les 60 cm à 70 cm.

- L'inclinaison du sol doit respecter un angle de 45 à 50 degrés minimum.
- La surface des panneaux composant le sol doit être lisse. De simples panneaux d'aggloméré ne conviennent pas. Il est recommandé d'utiliser des panneaux de bois 3 plis ou du contreplaqué multicouche.
- Il est nécessaire de protéger la vis sans fin avec un tablier métallique (ou cornière) qui la couvre sur toute sa longueur, afin de la soulager du poids des pellets situés au-dessus. Pour faciliter l'écoulement des pellets, la hauteur entre le tablier et le sol incliné est de 60 mm à 70 mm.
- Il convient d'éviter les angles, marches et surfaces planes autour de la vis sans fin ou du point de déchargement.
- Le sol incliné doit être hermétiquement raccordé aux murs qui le jouxtent, de sorte qu'aucun pellet ne tombe dans l'espace vide sous le plancher.
- Seul un professionnel est autorisé à effectuer l'assemblage avec le système d'extraction, conformément aux instructions du fabricant.
- Pour éviter de transmettre les vibrations et le bruit produits par le local de stockage (comme ceux du système d'extraction) vers la structure du bâtiment, il est recommandé d'isoler acoustiquement les installations du bâtiment. Les espaces entre le plancher incliné et le sol doivent être scellés au ruban adhésif.

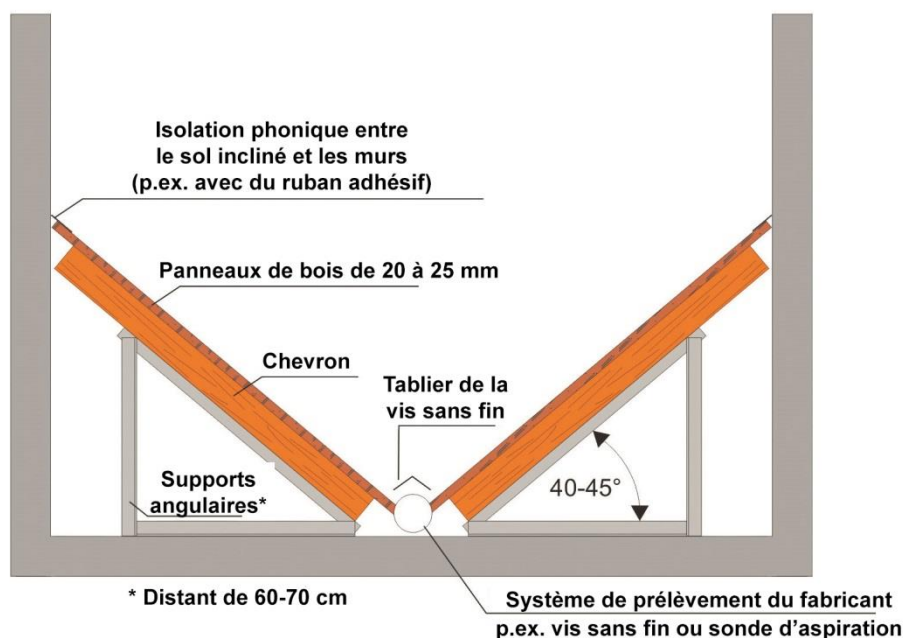


Figure 9: Recommandations relatives au montage d'un silo à sol incliné

5.5. Tapis d'impact

Le tapis d'impact absorbe l'énergie cinétique afin de réduire l'effritement des pellets pendant leur livraison. Il protège les parois du local de stockage et évite ainsi la contamination des pellets par des

particules de matériau provenant des parois (comme la peinture ou le mortier). Il est important d'installer les vis de fixation, traverses et supports de manière à ce qu'ils ne gênent pas le flux des pellets.

Il convient de placer le tapis d'impact verticalement par rapport au flux entrant de pellets, à une distance d'environ 20 cm à 50 cm de la paroi opposée à la conduite de soufflage. En règle générale, il est librement suspendu pour que la force exercée par le flux entrant de pellets laisse le tapis se balancer vers l'arrière. C'est ce balancement qui assure la dissipation correcte de l'énergie cinétique des pellets. Un tapis d'impact ne remplit pas son office s'il est placé au mur.

Il est nécessaire d'utiliser un tapis d'impact suffisamment large pour capter tout le flux de pellets. Il doit être suffisamment long pour éviter qu'il ne soit soufflé ou repoussé, mais pas trop long, car le risque qu'il soit piégé et déchiré par les pellets augmente proportionnellement à sa longueur. Le premier remplissage du silo permet de vérifier l'efficacité du tapis d'impact (le flux entrant de pellets doit frapper le tapis). Si l'installation compte plusieurs conduites de remplissage, il est recommandé d'installer autant de tapis d'impact.

Le tapis d'impact doit résister à l'abrasion et au déchirement. Les matériaux à base de moquette, de plastique souple ou de caoutchouc **ne conviennent pas** et risquent d'endommager considérablement l'installation si des fibres ou des morceaux de caoutchouc tombent dans les pellets et pénètrent dans la vis sans fin. Il est recommandé d'utiliser un film HDPE de 2 mm d'épaisseur minimum ou un caoutchouc résistant à l'abrasion de 1 à 3 mm d'épaisseur, d'1,2 m sur 1,5 m.

5.6. Portes et trappes

Il est nécessaire de construire des portes et des trappes étanches. Elles doivent s'ouvrir vers l'extérieur et tout leur pourtour doit être doté d'un joint étanche à la poussière. Les fenêtres sont généralement déjà étanches, mais ce point doit être validé de même que leur résistance aux charges et pressions. Il est nécessaire de renforcer l'intérieur du cadre de la porte en y fixant des plaques de bois ou de métal afin de le protéger de la pression qu'exerce la masse des pellets (Figure 10). Il est nécessaire que les verrous soient étanches à la poussière du côté intérieur pour éviter toute obstruction. Le fournisseur de pellets n'est pas responsable des dommages ou de la contamination provoqués par des joints inadaptés.

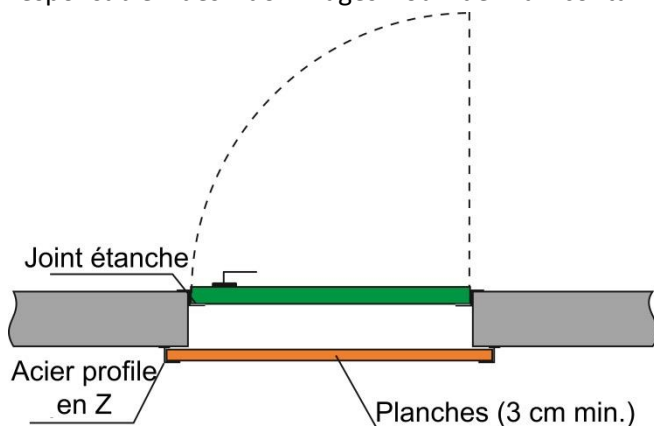


Figure 10: Protection contre la pression et l'impact sur la porte du local de stockage

Il est pratique que la porte donnant sur le silo soit aussi proche que possible du raccord de soufflage. Cela laisse davantage de temps avant que l'accumulation de pellets n'empêche d'y accéder. Il convient de ne pas placer la porte derrière le tapis d'impact! Il est nécessaire que le local de stockage reste accessible pour procéder à son nettoyage et pour que le chauffeur-livreur de pellets puisse procéder à une inspection visuelle avant le remplissage. **Pénétrer dans un silo (tout local de stockage) expose toujours à un risque grave. Il convient donc de réduire le nombre d'interventions et de respecter scrupuleusement les règles de sécurité (consulter le chapitre 7).**

Il est recommandé de prévoir un regard (p.ex. une petite fenêtre dans les planches de bois). Si l'on utilise du plastique transparent (Plexiglas), l'électricité statique risque d'attirer les fines sur la fenêtre et de fausser l'estimation du taux de fines.

La procédure pour évacuer les pellets en cas d'urgence est décrite dans les directives AEAI: «106-15 Chauffages à pellets» (voir Tableau 6). A trouver sous le lien www.praever.ch.

Tableau 6: Dimensions minimales des ouvertures du local de stockage de pellets selon l'AEAI

Quantité de stockage	Dimensions minimales des ouvertures pour vider le local	Disposition
≤ 15 m ³	1,0 x 0,7 m	
> 15 - ≤ 50 m ³	2,0 x 0,9 m	
> 50 m ³ Variante I	2,0 x 0,9 m	par le côté, directement à l'air libre*
> 50 m ³ Variante II	2,5 x 1,5 m	par le dessus, directement à l'air libre
* Si l'accès n'est pas de plain-pied, un escalier doit être installé (largeur ≥ 0.9 m).		

5.7. Installations dans le local de stockage

Toute installation technique dans le local de stockage (conduites, ventilation, appareillage,...) doit être retirée. Si cela s'avère, ces éléments seront protégés par des déflecteurs (par exemple des bâches ou des panneaux de bois) inclinés afin de réduire la dégradation des pellets.

Il est interdit de laisser des installations électriques, comme des interrupteurs, des prises de courant, des lampes ou des boîtes de dérivation, dans le local de stockage. Les installations électriques antidéflagrantes et les systèmes de prélèvement spécialement conçus échappent à cet interdit. Pour plus d'informations se référer à la norme «Installations à basse tension» NIBT d'Electrosuisse (ASE).

5.8. Système de remplissage

Il est nécessaire d'équiper le local de stockage d'au moins un raccord pour le soufflage des pellets et un raccord pour l'aspiration. Noter leur fonction lisiblement et de manière permanente sur les conduites et les bouchons («Soufflage» et «Aspiration»). Il convient d'installer les raccords environ 15 à 20 cm sous le plafond du silo (mesure effectuée entre le plafond et le bord supérieur de la conduite). Au-delà de 50 cm, il est impératif de rigidifier la fixation des conduites de remplissage à l'aide d'un collier de serrage (voir Figure 11).

Les normes généralement admises en matière de raccords préconisent les raccords «Storz Type A» d'un diamètre interne de 100 mm. Il convient de les utiliser pour les conduites de soufflage et d'aspiration. Si les raccords sont installés dans un puits de lumière, il est facile de raccorder le tuyau de remplissage à une section droite sortant de la cheminée de ventilation, sans coude. Il est impératif de fixer solidement les raccords pour empêcher qu'ils ne se tournent ou ne se tordent lors du raccordement au camion de livraison.

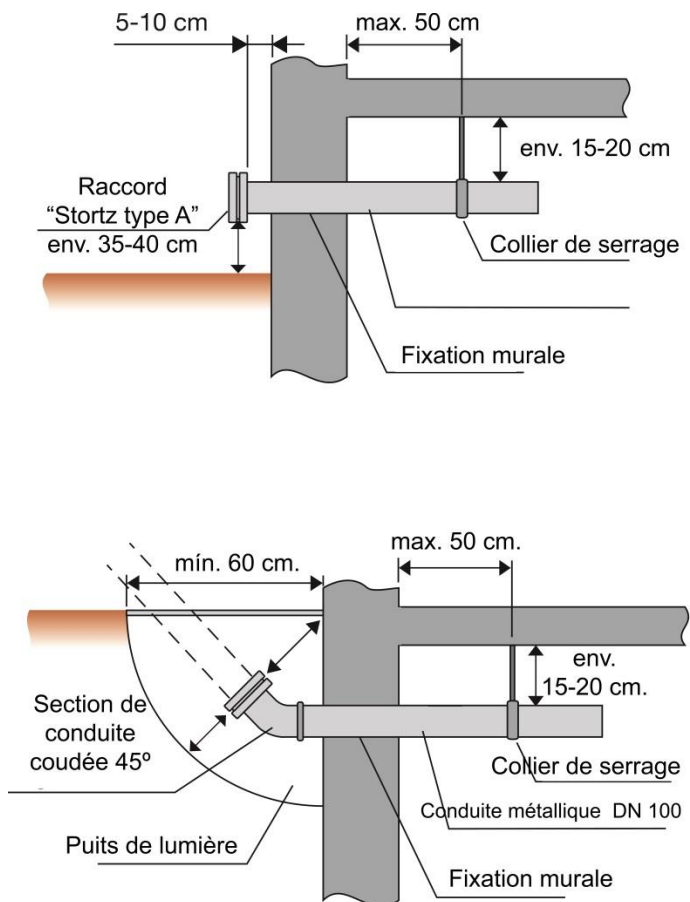


Figure 11: Recommandations conceptuelles relatives aux raccords situés au-dessus ou sous le niveau du sol

Le système de remplissage respecte les conditions suivantes:

- Tous les raccords (soufflage et aspiration) sont des raccords «Storz type A»; toutes les conduites ont un diamètre de 100 mm.
- Les conduites sont métalliques et résistent à la pression de 1 bar au minimum.

- Les conduites y compris les coudes, présentent une surface interne lisse, pour éviter toute abrasion; aucun rivet ni aucune vis ne doivent dépasser à l'intérieur des conduites. Si les conduites sont soudées, vérifier les orifices minuscules, scories et autres dommages à l'intérieur des conduites au niveau des soudures. Ébarber les conduites en acier.
- Les conduites sont aussi courtes que possible. Éviter les changements de direction. Former des coudes dont le rayon dépasse 200 mm.
- La conduite de soufflage présente une section finale droite d'au moins 30 cm à 50 cm pour empêcher la formation d'une turbulence dans le débit des granulés, qui les diffuserait à la sortie selon un angle trop important (voir Figure 12).
- Le système de remplissage est relié à la terre par un câble de 4 mm² jusqu'à une borne de compensation de potentiel.
- Les raccords de soufflage et d'aspiration sont étiquetés lisiblement. Ne pas utiliser la conduite d'aspiration pour le soufflage, car des pellets risquent de l'obstruer ultérieurement.
- Libérer un espace de travail d'environ 40 cm autour des raccords, même s'ils sont placés sous un puits de lumière, afin de permettre la rotation d'une clef de serrage.
- Une prise de courant (230 VAC, 16 A) pour l'aspirateur est à disposition à proximité du raccord d'aspiration. Le chauffeur-livreur y a accès.
- L'accès aux raccords et leur environnement (cheminée de ventilation, caillebotis) sont déneigés et dégivrés en hiver. La responsabilité incombe à l'utilisateur ou au propriétaire du chauffage.
- Fermer les raccords à l'aide de bouchons ventilés, de préférence verrouillables, après le soufflage. Le chauffeur-livreur a accès aux clés.

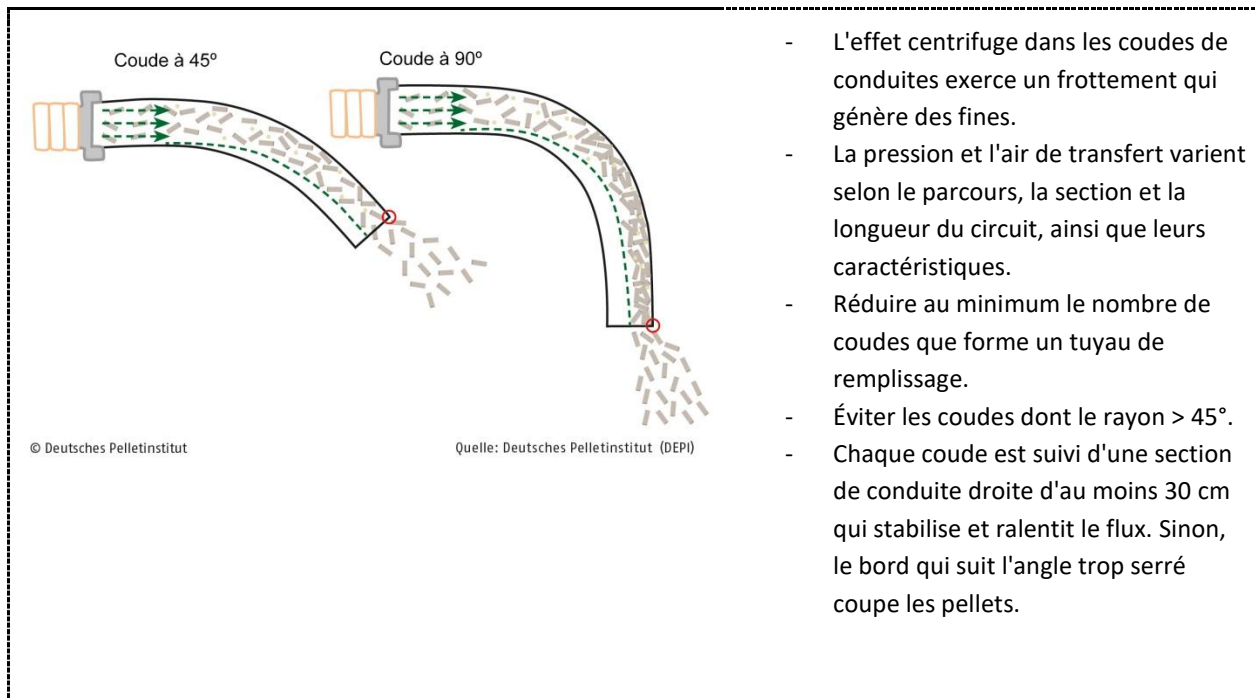


Figure 12: Schéma de déchargement des pellets en fonction des coudes différents

5.9. Recommandations de bonnes pratiques pour les locaux de stockage sur mesure

La conception d'un silo tient compte de la taille et de la géométrie du local, notamment de la distance séparant le tuyau de remplissage de la paroi opposée.

Les petits silos, d'une profondeur inférieure à 2 mètres exposent les pellets à un risque élevé de fracture causée par l'impact. Une conception particulière du tuyau de remplissage et du tapis d'impact (voir Figure 13) contribue à atténuer les contraintes mécaniques excessives sur les pellets:

- La sortie du tuyau de remplissage dirige le flux de granulés légèrement vers le bas (Figure 13). On utilise un tuyau coudé entre 15 et 20 degrés, terminé par une section droite de 30 cm. On peut également utiliser un tuyau de remplissage conducteur fermement fixé pour former cette section droite finale. Dans ce cas, le pas de vis interne doit être en parfait contact avec le tuyau métallique pour assurer la mise à la terre de la totalité du tuyau de soufflage.
- Le tapis d'impact est correctement mis en place pour être efficace. Il est recommandé de fixer le tapis d'impact sur un panneau de soutien de taille équivalente. Cet assemblage est fixé au plafond et au mur. L'angle vertical est d'environ 15 degrés.

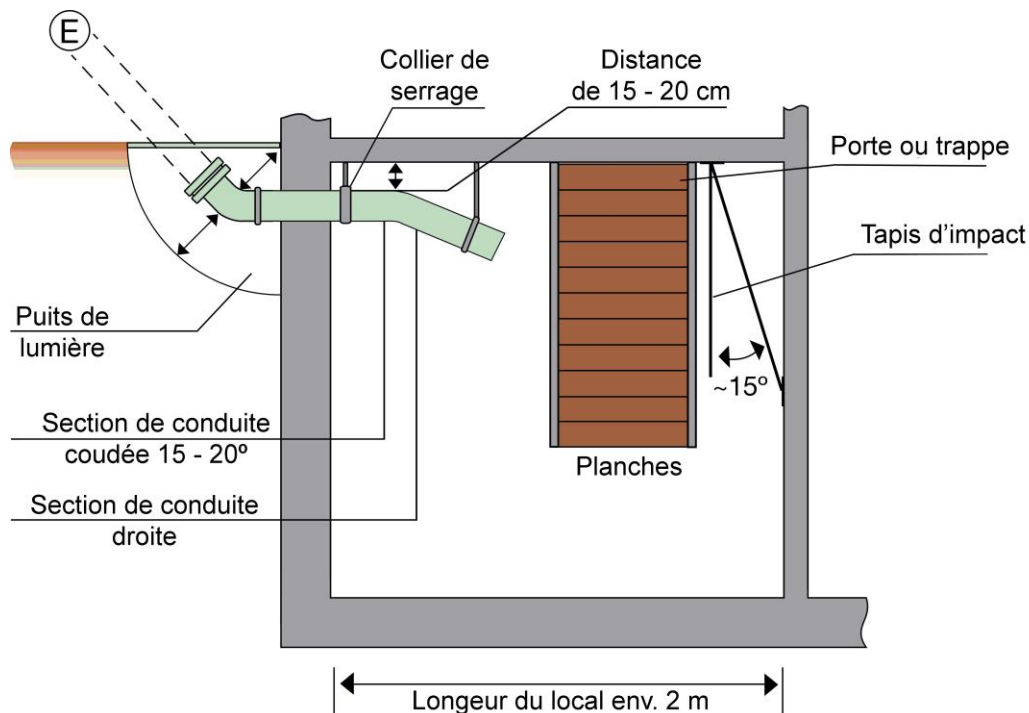


Figure 13: Bonnes pratiques pour concevoir un local de stockage d'une profondeur < 2 m

La conception d'un silo à pellets rectangulaire d'une profondeur de 2 à 5 mètres (Figure 14) respecte les critères suivants:

- Les tuyaux de soufflage sont installés horizontalement à une distance de 15 à 20 cm du plafond pour éviter que les pellets ne heurtent le plafond pendant leur soufflage (angle de diffusion de 7°).
- Le tapis d'impact à l'opposé du silo se situe entre 20 cm et 50 cm du mur du fond et est fixé au plafond. Il est suspendu librement.
- Le raccord d'aspiration est installé à 50 cm, au moins, du raccord de soufflage. Le bouchon de ventilation et le tuyau sont étiquetés lisiblement. Idéalement, le raccord d'aspiration est situé dans un angle, légèrement surélevé par rapport au tuyau de remplissage.

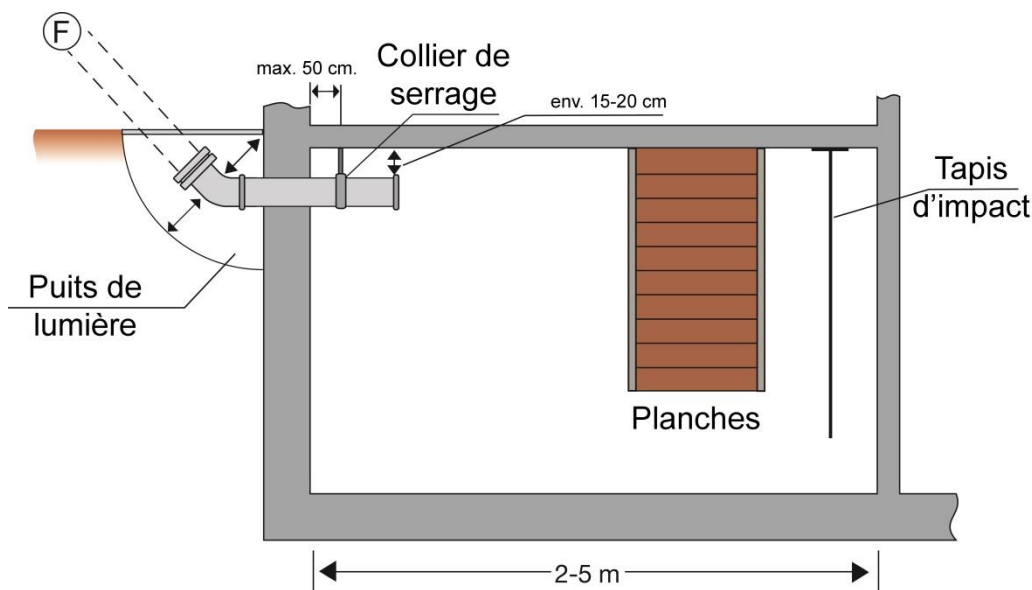


Figure 14: Bonnes pratiques pour concevoir un local de stockage d'une profondeur de 2 à 5 m

La conception de silos sur mesure, de plus grande taille, respecte les contraintes qu'impose un circuit de pellets adapté: la distance séparant la sortie du tuyau de soufflage à la surface d'impact ne doit pas dépasser 2 à 4 mètres. Par conséquent, les silos d'une profondeur supérieure à 5 mètres sont équipés de tuyaux de soufflage qui vont plus loin dans le local (voir Figure 15). Les raccords de ces tuyaux sont lisiblement étiquetés (long/court).

- Le soufflage des pellets commence dans le tuyau long. Dans un silo non éclairé, le niveau de pellets à la sortie du tuyau long n'est pas toujours aisé à estimer. Il convient donc de prévoir une autre méthode pour contrôler le niveau de remplissage.
- La distance horizontale séparant les tuyaux de soufflage est de 1,5 m à 2 m. Chaque tuyau de soufflage dispose d'un tapis d'impact distinct devant le mur du fond.

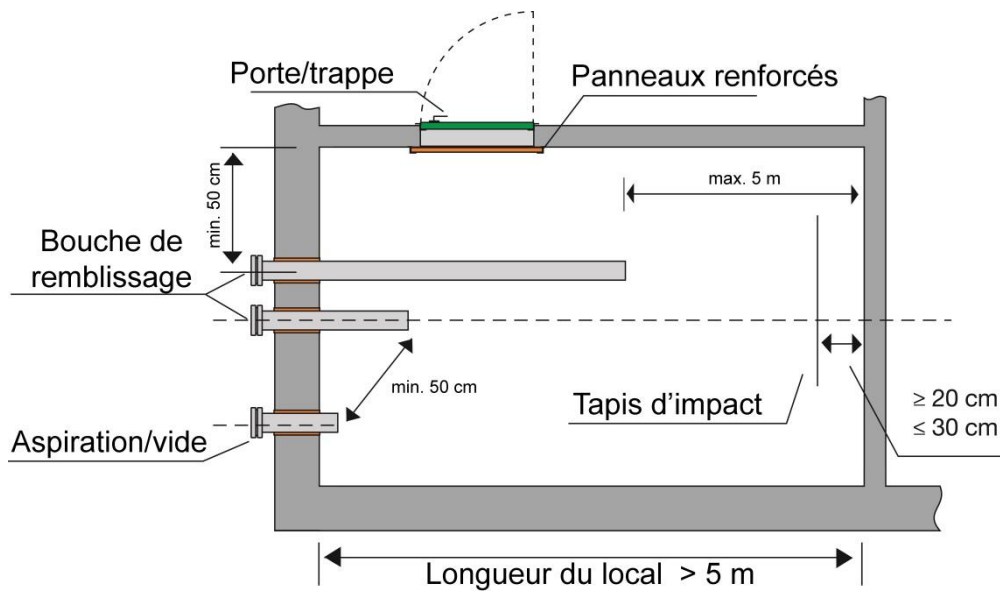


Figure 15: Bonnes pratiques pour concevoir un local de stockage d'une profondeur de > 5 m

Lorsque les granulés sont soufflés dans le silo, ils s'empilent selon un angle de repos de 45° à 60°. Les locaux vastes (largeur > 3 mètres) requièrent des tuyaux de soufflage supplémentaires pour optimiser leur volume de stockage.

Pour les trois exemples précités, il est possible d'assurer une ventilation de qualité en équipant les raccords de remplissage et d'aspiration de bouchons ventilés. Toutefois, il est également possible d'aérer en installant des solutions plus complexes. Ces exigences sont résumées au Tableau 3.

6. Grands silos (jusqu'à 100 tonnes)

6.1. Exigences générales

Les principales exigences pour le stockage des pellets évoquées dans les chapitres précédents s'appliquent également aux silos de grande taille, dont la capacité atteint 100 tonnes. Les exigences relatives à un soufflage de pellets approprié concernent également les silos de grande taille: il est nécessaire d'utiliser des tuyaux adaptés et le plus courts possible. La place de stationnement du camion de livraison doit être à proximité du silo et les tuyaux de remplissage doivent être aussi droits que possible. En outre, il est primordial de maintenir la distance qui sépare le silo de la chaudière aussi courte que possible. La conception et l'exploitation de silos de grande taille exigent qu'on porte une attention particulière à de nombreux aspects moins pertinents pour les petits silos. Les silos de grande taille sont équipés de systèmes de prélèvement différents de ceux des petits silos. Le risque de surpression pendant le soufflage des pellets est donc moindre. Le volume libre supérieur évite les pics de pression élevés. Certains silos sont équipés d'une pompe à vide sur site pour la procédure de soufflage.

Le soufflage des pellets depuis un camion de vrac contenant 25 t de pellets peut durer deux heures. Pendant ce temps, le moteur et le compresseur du camion fonctionnent. Il est par conséquent important de se protéger du bruit et de limiter les effets sonores. Un stationnement adéquat du camion de livraison n'est pas toujours évident, surtout à proximité de résidences, d'hôtels et d'hôpitaux. Livrer les pellets par camions à fond mobile ou à benne basculante qui versent les pellets dans le local de stockage ou sur un convoyeur sont autant d'options qui raccourcissent le temps de la livraison et génèrent moins de bruit.

6.2. Taille du silo

Les dimensions de silos de grande taille exigent de tenir compte des aspects logistiques. La charge utile courante de 25 tonnes par camion de livraison compte parmi les facteurs importants. La Figure 16 permet de déterminer les capacités de stockage favorables. Le schéma illustre les capacités de stockage favorables en fonction de la puissance de la chaudière.

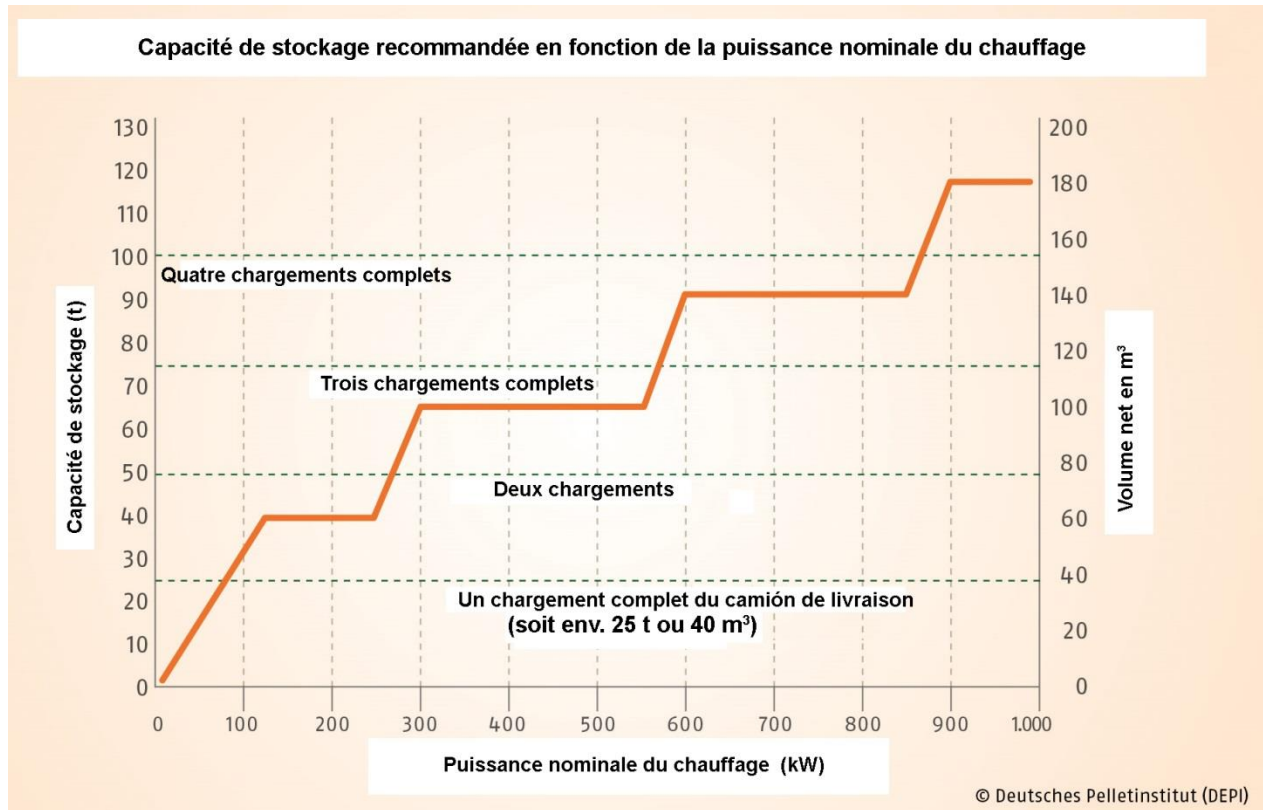
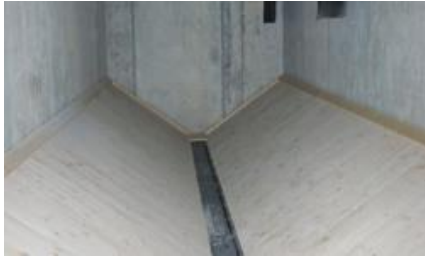






Figure 16: Détermination des capacités de stockages favorables pour les silos de grande taille en fonction de la puissance de la chaudière

6.3. Systèmes d'extraction de pellets de silos de grandes tailles

Contrairement aux petits systèmes de chauffage à pellet, les systèmes de grande taille utilisent rarement des dispositifs par aspiration. Le Tableau 7 présente les systèmes courants d'extraction de granulés destinés aux silos de grande taille.

Tableau 7: Différents types de systèmes d'extraction de pellets destinés aux silos de grandes tailles

<p>Vis sans fin</p>	<p>Système avantageux pour les locaux de stockage longs avec pans inclinés</p> <p>Convient aux chaudières < 100 kW.</p>	
<p>Dessilleur rotatif</p>	<p>Système économique pour des locaux rectangulaires utilisant deux bras rotatifs qui poussent les granulés vers la vis sans fin.</p> <p>Convient aux chaudières < 200 kW.</p>	
<p>Bras télescopique</p>	<p>Système économique pour les silos circulaires; les bras télescopiques poussent les granulés vers la vis sans fin.</p> <p>Convient aux chaudières < 500 kW.</p>	
<p>Vis sans fin centrale</p>	<p>Système efficace dans les silos circulaires; utilise une vis centrale rotative pour tirer les granulés vers le point de déchargement central.</p> <p>Convient aux chaudières > 500 kW.</p>	
<p>Fond mouvant</p>	<p>Système efficace et robuste destiné aux locaux de stockage rectangulaires de grande taille; basé sur un plancher mobile hydraulique.</p> <p>Convient aux chaudières > 500 kW.</p>	

6.4. Mesure du niveau de remplissage

La mesure sur site du niveau de pellet dans les silos revêt une importance capitale pour suivre les installations automatisées et programmer les livraisons. Plusieurs dispositifs permettent de suivre constamment le niveau de combustible, comme les capteurs mécaniques, capacitifs et à ultrasons. Il est également possible de mesurer le niveau de remplissage des silos à l'aide de capteurs de pression. Le niveau de remplissage de silos à pans inclinés peut être estimé à l'aide de capteurs de pression intégrés aux panneaux du plancher.

6.5. Nettoyage du silo

Pénétrer dans un silo (ou tout local de stockage) expose systématiquement les personnes à un risque grave. Il convient donc de réduire le nombre d'interventions et de respecter scrupuleusement les règles de sécurité (consulter le chapitre 7: Pour votre sécurité). Les silos de grande taille sont à vider et à nettoyer en fonction des conditions, selon une fréquence à définir avec le fournisseur de pellets.

Il est impératif que le personnel de nettoyage:

- utilise des aspirateurs industriels équipés d'un filtre de classe M (EN 60335);
- utilise des aspirateurs industriels homologués pour l'utilisation ATEX zone 22, contenance de l'appareil ≤ 50 l et puissance du moteur <1.2 kW;
- porte un masque de type P2 (EN 143) ou N95 (US NIOSH Standard);
- porte un détecteur portable de monoxyde de carbone (CO).

6.6. Protection antidéflagrante

La protection antidéflagrante des silos de grande taille consiste à éviter d'une part, les atmosphères explosives en contrôlant que la concentration de poussières reste faible. D'autre part, aucune source incandescente ne doit être présente en tous les points des systèmes de remplissage, de stockage et d'extraction.

Seuls les appareils électriques homologués IP 54 au minimum (de préférence IP 65) sont autorisés dans le silo. L'éclairage du silo et d'autres installations fixes requièrent une approbation ATEX zone 22.

Il n'est pas nécessaire de prendre d'autres mesures de protection antidéflagrante pour les silos à pellets si ces instructions sont scrupuleusement respectées.

6.7. Exigences relatives à la ventilation

Le dégagement de gaz toxiques dans l'atmosphère des silos à pellets peut provenir de deux sources: le dégagement de gaz des pellets et le retour de gaz de combustion provenant d'un dysfonctionnement de la chaudière à pellets. On évite les accidents en adoptant une double démarche:

- Ventiler le silo avant d'y pénétrer.
- Les règles de sécurité qui protègent l'accès au silo, comme le détecteur portable de monoxyde de carbone, évitent d'exposer le personnel à une atmosphère toxique.

Si le silo est situé à proximité de l'air libre, il faut réaliser des conduites de ventilation mesurant moins de 5 mètres de long. La section de ventilation nécessaire se calcule en fonction des dispositions du Tableau 8.

Dans les silos nécessitant des conduites de plus de 5 mètres vers l'air libre, un dispositif de ventilation s'impose.

Il n'est possible de pénétrer dans le silo qu'après:

- avoir mesuré le taux de monoxyde de carbone et confirmé que la concentration est inférieure à 30 ppm;
 - Si une concentration de 60 ppm est mesurée, l'accès doit être limité à un maximum de 15 min.
- s'être assuré que le détecteur portable de monoxyde de carbone soit correctement calibré.

Tableau 8: Exigences relatives à la ventilation de grands silos

Longueur de la conduite de ventilation	Taille du local > 10 t
< 2 m	Seulement pour locaux d'une taille max de 40 t: ventilation par bouchon répondant aux exigences suivantes: <ul style="list-style-type: none"> • au moins deux bouchons de ventilation sur deux raccords «Storz A»; • section minimum de 4 cm² par tonne de capacité.
> 2 ... ≤ 5 m	Une ouverture de ventilation répondant aux exigences suivantes: <ul style="list-style-type: none"> • ventilation à l'air libre; • ouverture de 100 cm² minimum pour chaque conduite; • section de la conduite de ventilation de 10 cm² au minimum par tonne de capacité; • passage de 8 cm² au minimum par tonne de capacité; • pénétration dans le silo uniquement après mesure du taux de monoxyde de carbone et avec une seconde personne qui assure la sécurité en restant à l'extérieur du silo.
> 5 ... ≤ 20 m	Ventilation mécanique répondant aux exigences suivantes: <ul style="list-style-type: none"> • ventilation du local à l'air libre par une conduite et un ventilateur; • ventilateur à taux de renouvellement de l'air par heure d'au moins trois fois par rapport au volume brut du silo; • le fonctionnement du ventilateur doit être couplé à l'ouverture de la porte du silo.

7. Pour votre sécurité

Normalement, il n'y a aucun risque pour l'opérateur. Les cas de concentrations nocives de monoxyde de carbone ne peuvent cependant être totalement exclus. C'est pourquoi il convient de prendre en compte les exigences/mesures suivantes:

1. Avant tout, personne ne pénètre dans un silo de pellets sauf pour y procéder aux activités de maintenance obligatoires. L'accès est interdit aux personnes non autorisées. Les enfants n'ont jamais accès aux silos de pellets.
2. Avant de pénétrer ou de travailler dans des silos de pellets, il est impératif d'avoir coupé la chaudière. Respecter le délai que recommandent les instructions du fabricant.
3. L'accès aux silos à pellets ne doit se faire qu'après 15 minutes de ventilation croisée. La porte d'entrée doit rester constamment ouverte durant le séjour à l'intérieur.
4. Les silos doivent être ventilés pendant tout le séjour à l'intérieur.
5. Il est dans tous les cas impératif d'avoir mesuré le taux de monoxyde de carbone (voir chapitre 6.7) avec un appareil calibré.
6. En cas de séjour prolongé dans un silo à pellets, il convient de respecter la valeur limite d'exposition professionnelle prescrite par la SUVA (30 ppm).
7. Avant de pénétrer ou d'intervenir dans un silo ou un conteneur, il est impératif qu'une deuxième personne reste à l'extérieur du silo pour donner l'alerte, en aucun cas pour porter secours directement. Rester en zone non dangereuse et avertir les secours restent les priorités absolues.
8. Seul le personnel de service formé est autorisé à pénétrer dans les silos parfaitement étanches, comme les silos enterrés en béton ou en plastique ou équipés d'un ventilateur électrique, et ce uniquement après la détermination des concentrations d'oxygène et de monoxyde de carbone à l'intérieur du silo. Cette précaution est indispensable, car ce type de stockage est particulièrement enclin à maintenir des niveaux élevés de monoxyde de carbone et des niveaux faibles d'oxygène. Cela s'explique par l'absence d'échange avec l'air libre.

Les exigences supplémentaires suivantes s'appliquent en outre aux locaux de stockage ≤ 10 t:

- Durant les 4 premières semaines suivant le remplissage, n'accéder aux locaux de stockage qu'après avoir mesuré la concentration de monoxyde de carbone.

Les exigences supplémentaires suivantes s'appliquent en outre aux locaux de stockage > 10 t et aux silos enterrés:

- Ne pénétrer dans le local de stockage qu'après avoir mesuré le taux de monoxyde de carbone.
- Un détecteur portable de monoxyde de carbone doit être porté pendant le séjour dans le silo.
- Un accès bref (max. 30 min) n'est recommandé qu'en cas de concentration de monoxyde de carbone inférieure à 60 ppm.
- Il faut quitter le local de stockage lorsque les valeurs dépassent les 60 ppm.

8. Références normatives

- ÖNorm 7137: Presslinge aus naturbelassenem Holz - Holzpellets - Anforderungen an die Pelletslagerung beim Endverbraucher (Granulés de bois - Exigences relatives au stockage de pellets)
- EN 303-5: Heizkessel - Teil 5: Heizkessel für feste Brennstoffe, manuell und automatisch beschickte Feuerungen (Chaudières à combustibles solides)
- EN 14961-2: Biobrennstoffe - Qualitätssicherung von Brennstoffen - Teil 2: Holzpellets für nichtindustrielle Verwendung (Pellets à usage non industriel)
- ENplus – Handbuch: Qualitätszertifizierung für Holzpellets, Version 3.0, August 2015 (ENplus - Manuel de certification des granulés de bois, Version 3.0)
- VDI 3464: Lagerung von Holzpellets beim Verbraucher - Anforderungen an Lager sowie Herstellung und Anlieferung der Pellets unter Gesundheits- und Sicherheitsaspekten. (VDI Norme 3464 : Stockage des granulés de bois chez le consommateur. Exigences de production et de livraison et aspects sanitaires et de sécurité)
- VKF Erläuterungen 2015: 106-15 Pelletsfeuerungen (AEAI Notes explicatives de protection incendie 2015: 106-15 Chauffages à pellets)

Instructions de sécurité

SILO POUR GRANULÉS DE BOIS

Grands entrepôts > 40 t: accéder uniquement muni d'un détecteur-avertisseur de gaz CO. **Entrepôts enterrés:** par sécurité, accéder uniquement en présence d'une deuxième personne et muni d'un détecteur-avertisseur de gaz.

	Maintenir les portes fermées. Accès seulement pour les personnes autorisées et sous la surveillance d'une personne à l'extérieur du silo
	Interdiction de fumer, de faire du feu et d'utiliser d'autres sources d'inflammation
	Danger de mort: monoxyde de carbone inodore (CO) et manque d'oxygène
	Avant d'entrer, garantir une ventilation suffisante et maintenir la porte ouverte lors de l'accès
	Risque de blessures par des pièces en mouvement
	Exécuter le remplissage uniquement dans les conditions prescrites par le fournisseur de la chaudière et des granulés
	Protéger les granulés de l'humidité
	Garantir une ventilation vers l'extérieur, par ex. par un couvercle d'aération, une ouverture ou un ventilateur



Autocollant disponible via le «Shop» du site de proPellets.ch

9. Protocole pour réception de silos à pellets

Client / Exploitant du système de chauffage

Nom: _____

Adresse: _____

Tél.: _____

Installateur / Fabricateur

Chauffage

Type de chaudière: _____

Puissance: _____ kW

Apport solaire: Oui Non

réservoir tampon: _____ l

Silo Préfabriqué Local de stockage

Silo préfabriqué:

Fabricant/Modèle: _____

Capacité: _____ t

Matériau: _____

Perméable à l'air? Oui

Emplacement: Bâtiment Espace d'habitation Grenier
 Extérieur Enterré

Ventilation extérieure? Oui Ouverture sans obstacle: _____ mm²

Emplacement sec (< 80% HR)? Oui

Nécessité d'une ventilation pendant le soufflage du pellet? Oui

Stockage compatible avec l'utilisation de pellets traités? Oui

Silo sur mesure:

Emplacement: Cave Espace d'habitation Grenier

Matériau des murs: _____ épaisseur des murs: _____ mm

Dimensions du local (l x L x h): _____ m x _____ m x _____ m capacité de stockage: _____ t

Accès: _____ m x _____ m Porte Fenêtre

Ventilation du silo Bouchon de ventilation autre Ouverture sans obstacle: _____ cm²

Local de stockage étanche à la poussière vis-à-vis des pièces adjacentes: Oui

Tapis d'impact: Distance jusqu'au mur: _____ cm Trajectoire dégagée? Oui

Éclairage: Oui ATEX

Murs secs? Sol sec? Oui Protection anti humidité

Conditions / accès du soufflage

Conduite de remplissage interne: Oui Matériau: _____ conducteur mise à terre

Longueur: ____ m Diamètre: ____ mm coudes: ____ x 45° ____ x > 45°

Nombre de raccords de soufflage: ____ Raccord d'aspiration? Oui

Alimentation électrique externe? Oui

Raccords étiquetés Oui Raccord mis à la terre? Oui

Accès du camion de vrac possible à proximité du silo Oui Convient à un camion? Oui

Distance de soufflage (tuyau + conduite de remplissage) ____ m écart de hauteurs ____ m

Configuration du stationnement pour le camion et emplacement des raccords:

Extraction des pellets: vis sans fin Aspiration par le fond

Aspiration par le haut Dessilleur

Instructions relatives au remplissage: Oui Où? _____

Instructions de nettoyage: Écrites Orales

Briefing sur l'exploitation du silo/système d'extraction? Oui

(Lieu et date)

(Installateur)

(Client)