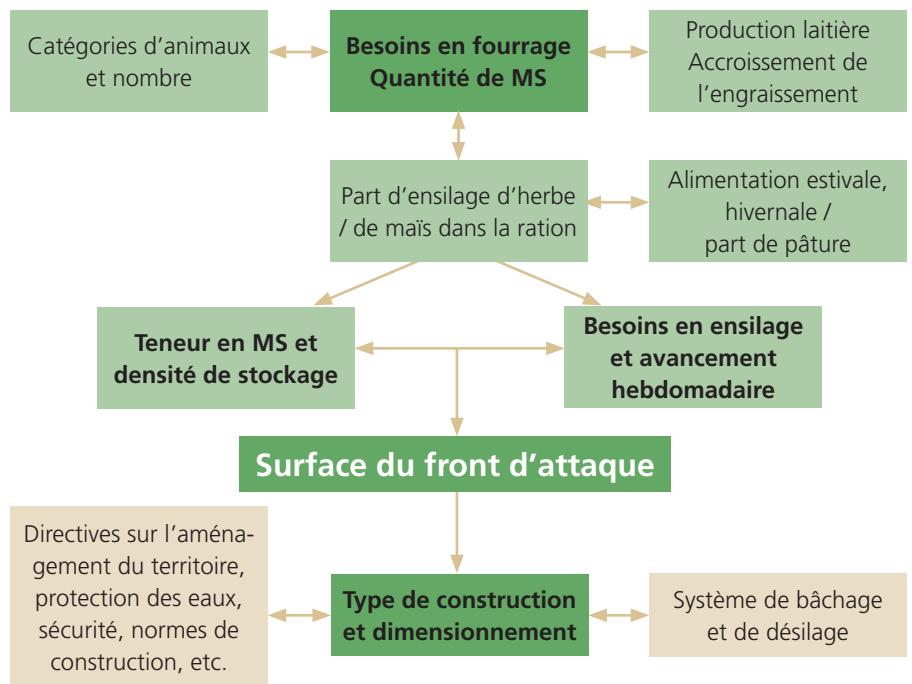




Dimensionnement des silos pour l'ensilage

Introduction

Le principe suivant est appliqué pour la conservation des fourrages : mettre du fourrage en quantité suffisante, de la meilleure qualité possible, stable au stockage, à disposition des animaux. Le stockage de l'ensilage est un élément essentiel. Le type de silo le mieux adapté dépend de plusieurs facteurs liés à l'exploitation, comme par ex. la taille du troupeau, la ration, l'espace disponible et les coûts. Cette fiche technique se concentre sur le dimensionnement des silos pour la conservation de fourrage ensilé d'herbe et de maïs. Elle explique la méthode de calcul du besoin en fourrage jusqu'à la surface du front d'attaque. Suivent des considérations et recommandations pour dimensionner les ouvrages comme les silos-tours et les silos-couloirs. La dernière partie contient des informations sur d'autres aspects à prendre en compte lors de la planification d'un ouvrage de stockage pour les ensilages.



Pour décider du type de construction et du dimensionnement des silos, il faut disposer d'informations fiables sur la planification de l'alimentation, les caractéristiques des ensilages et de l'avancement.

Editeurs

- Association suisse d'ensilage SVS-ASE
- Groupe de travail pour la construction et la technique agricole ALB-CH
- AGRIDEA, domaines thématiques Construction et technique agricole ainsi que Productions animales

Auteur-trice-s

Beat Steiner, Sabina Graf, Markus Rombach, AGRIDEA avec des contributions d'experts de l'Association suisse d'ensilage SVS-ASE et d'ALB-CH ; Ueli Wyss, autrefois Agroscope, retraité ; constructeurs d'ouvrages pour l'ensilage ; Service de prévention des accidents dans l'agriculture SPAA

SILO-VEREINIGUNG
Schweizerische Vereinigung für Silowirtschaft SVS



agridea

ENTWICKLUNG DER LANDWIRTSCHAFT UND DES LÄNDLICHEN RAUMS
DEVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE ET DE L'ESPACE RURAL
SVILUPPO DELL'AGRICOLTURA E DELLE AREE RURALI
DEVELOPING AGRICULTURE AND RURAL AREAS



ALB-CH

Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für landwirtschaftliches Bauen und Hoftechnik
Association Suisse pour la construction agricole
Associazione Svizzera per la costruzione agricola
Assoziaziun Svizra per la costrucziun agricola

Critères pour un ensilage irréprochable

Afin de garantir une qualité élevée et constante du fourrage, il faut éviter les pertes dues à un stockage défaillant. Les ouvrages sont souvent surdimensionnés (p. ex. diamètre de silo trop grand), ce qui entraîne un avancement trop faible lors de la reprise de l'ensilage. Il en résulte des post-fermentations des ensilages qui peuvent entraîner des pertes en quantité et en nutriments jusqu'à 20 %. La santé des animaux est affectée

si des produits métaboliques toxiques se forment, par ex. à partir de moisissures (mycotoxines). Pour éviter ces problèmes, il s'agit de minimiser l'entrée d'air lors du remplissage de l'ensilage, pendant le stockage (entrée d'air) et la reprise de l'ensilage. Pour garantir un compactage suffisant et un avancement suffisant, différents aspects techniques et de construction doivent être pris en compte.

Influences sur le compactage du fourrage

Les propriétés du fourrage, la gestion de la récolte et les caractéristiques du silo influencent le compactage du fourrage. Pour l'ensilage d'herbe, plus la teneur en cellulose augmente, moins le fourrage peut être compacté. Une longueur de coupe optimale facilite non seulement le remplissage et le compactage lors de l'ensilage, mais aussi le désilage.

L'augmentation des débits de chantier d'ensilage (chaîne de récolte plus performante) rendent un remplissage uniforme du fourrage ainsi qu'un compactage suffisant de plus en plus difficiles. Ceci est valable aussi bien pour les silos-tours que pour les silos-couloirs (tableau 1).

Tableau 1 : Critères pour un compactage optimal lors du remplissage du silo

Remplissage de silos-couloirs	Remplissage de silos-tours
<ul style="list-style-type: none"> En cas de débit de récolte élevé, le remplissage et le compactage doivent être effectués en parallèle Toujours répartir le chargement sur toute la longueur Effectuer les passages avec un minimum de patinage sur les roues motrices Ne pas dépasser une épaisseur de couche de 20–30 cm : En règle générale, prévoir au moins 1 mètre de longueur de silo par m³ de chargement. 	<ul style="list-style-type: none"> Aligner en continu les tuyaux / doseurs lors du remplissage : le pic de remplissage doit être centré sur toute la hauteur Plus la capacité de remplissage est élevée, plus il est important de veiller constamment à une bonne répartition Veiller à une bonne répartition et à un bon compactage, en particulier dans la zone supérieure, et aussi vers la zone de bordure Lors de l'égalisation de la surface, viser un compactage régulier sur tout le diamètre Pour assurer une fermeture rapide et hermétique : lester la bâche, en particulier sur les bords ; utiliser si possible une presse hydraulique L'ajout d'un agent d'ensilage (groupe B de la liste des agents d'ensilage) permet d'éviter l'échauffement et des post-fermentations dans la couche supérieure
<ul style="list-style-type: none"> Autochargeuse : $\text{force de compactage [t]} = \frac{\text{quantité de fourrage récolté [t/h]}}{3}$ Ensileuse : $\text{force de compactage [t]} = \frac{\text{quantité de fourrage récolté [t/h]}}{4}$ 	
<ul style="list-style-type: none"> Le compactage devrait se faire : <ol style="list-style-type: none"> avec la pression maximale autorisée pour les pneus (2–3,5 bar). avec des pneus les plus étroits possibles à une vitesse de 4–5 km/h. Au moins trois passages complets sur chaque chargement déposé dans le silo Pour obtenir une fermeture rapide et étanche à l'air : film plastique sur le bord, film intérieur et lestage approprié 	



Dans les silos-couloirs, un compactage professionnel est déterminant pour la qualité de l'ensilage. Le fourrage est réparti en forme de «banane» vers les bords afin d'obtenir lors du compactage une densité suffisante aussi à ces endroits. Même avec un bâchage automatisé, il faut encore recourir au travail manuel pour rendre les bords étanches. (Photos : Agrocover et Silotools, Häberli)



Agir en amont : Les préparatifs des silos-tours pour l'ensilage comprennent le nettoyage continu des parois du silo-tour et des joints des trappes. Photo : SVS, Bünter



Un manque de compactage peut entraîner une mauvaise fermentation. En cas de problème, l'Association d'ensilage fournit des sondes de silo. Contact : <https://www.silovereinigung.ch/angebot/> (en allemand) Photo : SVS, Bünter

Quel avancement en fonction des différentes densités ?

En règle générale, on peut s'attendre à un optimum en termes de densité de MS, si la teneur en MS se situe à environ 35 %. De bonnes conditions d'ensilage permettent d'atteindre une densité d'au moins 220 kg MS/m³ pour l'ensilage d'herbe. Pour l'ensilage de maïs, la teneur en MS devrait se situer à 30–35 % pour 250 kg MS/m³. Le tableau 2 contient des valeurs de compactage ainsi que des indications sur l'avancement pour l'ensilage d'herbe et de maïs en fonction des

conditions d'ensilage. Il s'agit de valeurs indicatives. L'utilisation ou non d'agents d'ensilage est également déterminante. Un avancement suffisant est indispensable pour que les échanges gazeux inévitables à la surface de reprise de l'ensilage ne dépassent pas un certain niveau. Pour connaître le compactage exact de son ensilage, il faut déterminer la teneur en matière sèche des ensilages ainsi que le compactage (à l'aide d'un foret d'échantillonnage).

Tableau 2 :

Valeurs pour estimer les conditions d'ensilage pour le compactage et l'avancement lors du désilage.

Conditions d'ensilage		bonnes	moyennes	mauvaises
Compactage		kg MS/m ³	kg MS/m ³	kg MS/m ³
Herbe	< 25 % MS	190	170	150
Herbe	25–35 % MS	210	190	170
Herbe	> 35 % MS	230	210	190
Maïs	< 30 % MS	230	210	190
Maïs	30–35 % MS	250	230	200
Maïs	> 35 % MS	270	250	220

En se basant sur les valeurs de compactage mentionnées ci-dessus, on obtient les valeurs ci-dessous pour l'avancement lors du désilage.

Avancement lors du désilage			
Avancement	m/semaine	m/semaine	m/semaine
Hiver	< 0,75	0,75–1,5	> 1,5
Été	< 1,5	1,5–2,5	> 2,5

Ces chiffres sont donnés à titre indicatif et ne doivent pas être considérés comme une limite rigide absolue.

Source : dlG-Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung (2012), p. 96

Y a-t-il des différences lors de l'avancement entre les silos-tours et les silos-couloirs ?

Le désilage se fait généralement tous les jours dans les silos-tours, alors que dans les silos-couloirs les intervalles peuvent être nettement plus longs. Il est donc possible de fixer l'avancement un peu plus faible, pour autant que le désilage se fasse par fraisage. Si le désilage se fait au moyen de pinces à

désiler, godet désileur ou manuellement, les valeurs d'avancement doivent être équivalentes pour les deux procédés d'ensilage. La consigne suivante s'applique aux silos-tours ou silos-couloirs pour une avancée minimale pendant le désilage:

L'avancement minimal suivant doit être atteint :

Pour des silos-tours (désilage avec une fraise)

- 15 cm par jour, resp. env. 1 m par semaine
Cette valeur est aussi valable en hiver, car on prélève généralement l'ensilage du tiers supérieur du silo, où la densité est la plus faible.

Pour des silos-couloirs

- 20 cm par jour, resp. en hiver env. 1,5 m par semaine et en été au minimum 2 m.

En comptant un affouragement durant toute l'année en provenance d'un seul silo, il faudrait théoriquement un silo-tour d'une hauteur minimale de 55 m ou un silo-couloir d'env. 90 m de longueur, indépendamment de la taille du troupeau. La réalité des exploitations interdit cependant de construire des silos de cette taille. Il faut donc répartir l'ouvrage sur plusieurs silos plus petits, en tenant compte d'une surface d'attaque en adéquation avec la taille du troupeau.

Comment déterminer les besoins en ensilage et la surface du front d'attaque ?

Méthode de calcul

On détermine les besoins hebdomadaires en ensilage des différents types d'ensilage (parts de ration) à l'aide des facteurs suivants :

- Nombre d'animaux
- Consommation quotidienne de fourrage
- Densité de stockage de l'ensilage
- Pertes dues à la conservation et à l'affouragement

$$\text{Besoins en ensilage} \left[\frac{\text{kg MS}}{\text{semaine}} \right] = \text{nombre d'animaux} \times \text{consommation de fourrage} \left[\frac{\text{kg MS}}{\text{animal} \times \text{jour}} \right] \times 7$$

$$\text{Besoins en ensilage/ semaine} [\text{m}^3] = \frac{\text{besoins en ensilage} \left[\frac{\text{kg MS}}{\text{semaine}} \right]}{\text{densité de stockage} \left[\frac{\text{kg MS}}{\text{m}^3} \right]}$$

Aux besoins en ensilage ainsi déterminés, on cumule les pertes attendues pour des années moyennes ; en règle générale, elles s'élèvent à environ 10 % pour la conservation et à environ 5 % pour l'affouragement. Pour faire face aux variations annuelles de rendement de la récolte, l'exploitation devrait donc disposer de volumes de stockage suffisants pour des réserves d'au moins 15 %.

La surface du front d'attaque pour un silo se calcule à partir des besoins totaux en ensilage et de l'avancement prédéfini :

$$\text{surface du front d'attaque} [\text{m}^2] = \frac{\text{besoins en ensilage/ semaine} [\text{m}^3]}{\text{avancement/ semaine} [\text{m}]}$$



Disposer de plusieurs silos de différents diamètres permet d'assurer à tout moment l'avancement nécessaire en cas de variations des quantités prélevées (par ex. affouragement estival et hivernal).

Photo : Système de silo GB

Outil de calcul pour la planification sur l'exploitation

Agridea a publié un outil de calcul pour déterminer la surface d'attaque nécessaire et donc le dimensionnement approprié de l'installation de silo en fonction de l'exploitation. L'outil Excel peut être consulté à l'aide du QR code suivant ou téléchargé sous le lien <https://url.agridea.ch/SiloDim> chez AGRIDEA.

Les valeurs chiffrées des facteurs d'influence suivants peuvent être adaptées aux conditions de l'exploitation :

- nombre de vaches laitières, de jeunes bovins ou de bovins à l'engrais
- consommation de fourrage par jour et par catégorie en fonction de la performance
- ration : parts d'ensilage d'herbe et de maïs, part de pâture, quantité de restes de fourrage
- rations d'hiver et d'été, durée des périodes d'affouragement
- teneurs en MS ainsi que masses volumiques, soit les densités d'ensilage d'herbe et de maïs
- largeur des silos-couloirs
- volume de stockage pour des réserves permettant de pallier aux fluctuations des récoltes

Pour les pertes dues à la conservation, il faut compter avec environ 10 %. Ces valeurs ne peuvent pas être modifiées dans l'outil de calcul.

Après la saisie des chiffres spécifiques de l'exploitation, l'outil de calcul fournit les indications suivantes :

- besoin total en volume de stockage pour l'ensilage d'herbe et de maïs
- pour les silos-tours, diamètre et hauteur
- pour les silos-couloirs, largeur et longueur pour une hauteur de silo donnée.

Sur la base de ces données, l'outil permet de déterminer les dimensions des silos par la saisie des chiffres de son exploitation. La répartition sur plusieurs silos se fera en fonction des conditions de l'exploitation et de la réalisation de la construction.

Attention au prix !

Les silos-couloirs et les silos-tours sont d'autant plus rentables que le rapport entre le volume du silo et sa surface au sol est élevé. Si la construction d'un silo est planifiée uniquement sous l'angle des coûts sans prendre en compte l'avancement minimal déterminant la dimension nécessaire, des post-fermentations de l'ensilage seront inévitables, avec à la clef des pertes économiques.



Ce QR code mène à l'outil de calcul SiloDim



Si l'on prévoit un affouragement automatisé, il faut disposer de l'espace adéquat pour les réserves et les installations de mélange.

Photo : AGRIDEA



Le volume de stockage de réserve prend de plus en plus d'importance en raison des fluctuations croissantes des rendements.

Photo : AGRIDEA

Choix du procédé d'ensilage

La situation de départ est très différente selon l'exploitation. Le choix du procédé d'ensilage approprié est très individuel. Souvent, il en résulte une combinaison de différents systèmes. Chaque système a ses avantages et ses inconvénients. Une ins-

tallation de silos-couloirs combinée à un ensilage en balles rondes peut par exemple augmenter la flexibilité en cas de besoins en fourrage fluctuants.

Tableau 3 : Avantages et inconvénients des différents procédés d'ensilage.

Silo-tour	Silo « Harvestore »	Silo-couloir	Silo-boudin	Balles rondes et rectangulaires
Avantages				
<ul style="list-style-type: none"> Adapté à la mécanisation propre de l'exploitation Possibilité d'ensilage par étapes Besoin en place limité (faible encombrement) Approprié également pour les petits volumes de silo Désilage manuel ou avec fraise Ensilage humide en principe possible Adapté à l'affouragement avec de l'ensilage en été 	<ul style="list-style-type: none"> Reprise désilage-confortable n'exigeant qu'un temps de travail limité Utilisation répétée du silo par remplissage continu Utilisation sans problème pour l'affouragement d'été Pour des exploitations exigeantes en terme d'affouragement et de performance 	<ul style="list-style-type: none"> Possibilité de fournir des prestations propres lors de la construction Grande efficacité lors de collaboration de plusieurs exploitations Convient bien pour l'ensilage sandwich « Sur-remplissage » possible Risque d'accident limité Bonne intégration dans le paysage / le site de stockage Blocs de fourrage stockés à l'abri du gel Possibilité d'affouragement en libre-service au silo 	<ul style="list-style-type: none"> Investissement très faible pour le stockage en silo Grande flexibilité, pas d'emplacement fixe Convient à de petits volumes comme à de grands volumes Reprise manuelle ou à la machine Faible risque d'accident 	<ul style="list-style-type: none"> Investissement très faible pour le stockage en silo Grande flexibilité, facile à organiser, pas d'emplacement fixe Travail facilité et limité Adapté aux surfaces résiduelles et à un ensilage par étapes Moins de problèmes de post-fermentation grâce à l'ensilage en portions Capacité supplémentaire disponible en cas de récolte supérieure aux prévisions Ensilage facilement commercialisable
Désavantages				
<ul style="list-style-type: none"> Investissement relativement élevé par m³ de silo Coût élevé de la fraise de désilage Désilage manuel avantageux, mais effort physique important Peu de possibilité de fournir des prestations propres lors de la construction Risque élevé d'accident (gaz de fermentation, chutes) Élimination coûteuse du silo 	<ul style="list-style-type: none"> Investissement très élevé par m³ de silo Coûts d'amortissement et d'entretien élevés pour la fraise de désilage par le bas Convient uniquement pour l'ensilage haché Ne convient pas pour l'ensilage humide (< 35 % MS) Uniquement pour les grands volumes de silo, plus de 180 m³ Peu de possibilités de fournir des prestations propres lors de la construction Risque d'accident élevé (chutes, gaz de fermentation) Élimination coûteuse du silo 	<ul style="list-style-type: none"> Besoin élevé en espace Ne convient qu'aux plus grandes unités Besoin important en personnel pour le remplissage et le bâchage Re-remplissage coûteux Moins adapté aux ensilages humides Élimination du film plastique du silo problématique 	<ul style="list-style-type: none"> Ne convient pas aux ensilages humides Nécessite une récolte très efficace Besoin en espace relativement important pour le stockage Risque d'endommagement du boudin par les animaux / l'homme Ne convient pas aux terrains en pente Élimination du film du boudin problématique 	<ul style="list-style-type: none"> Coûts réels élevés Fortement dépendant de l'entrepreneur de travaux agricoles Besoin en espace relativement élevé pour le stockage des balles La manipulation des balles n'est possible qu'avec une machine Risque d'endommagement du film plastique par les animaux / l'homme Atteinte au paysage en cas de stockage à un endroit inapproprié Consommation élevée de film plastique Élimination du film d'enrubannage problématique

Source : dlG-Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung (2012), p. 98

A quoi faut-il faire attention lors du dimensionnement d'un silo ?

Le site d'implantation et les constructions existantes sont déterminantes pour la disposition et le dimensionnement des silos. Il faut également tenir compte de la ration ainsi que des systèmes prévus de reprise et de distribution du fourrage. S'ils s'agit d'automatiser l'affouragement, les chemins de circu-

lation et les croisements entre les différentes parties des installations doivent être harmonisés. Il faut notamment tenir compte de l'espace supplémentaire nécessaire pour les chariots à fourrage et les dispositifs de mélange.

Tableau 4 : Conditions préalables à la construction pour des conditions optimales de remplissage et de stockage d'ensilage dans des silos-couloirs et les silos-tours

Dimensions et orientation des silos-couloirs	Dimensions de silos-tours
<ul style="list-style-type: none"> • Adapter la longueur et la largeur à la technique de remplissage et de compactage (voir également le tableau 1) ; une largeur de 7 m est indiquée pour le déchargement et le compactage en parallèle. • Longueur minimale 25–30 m ; en cas d'utilisation de chaînes d'ensilage et/ou de remorques de grande capacité 35–45 m. • Ne pas orienter le front d'attaque dans la direction principale du vent ni vers le sud/sud-ouest, en raison du rayonnement solaire. • Adapter la hauteur de construction du silo à la hauteur de travail de la technique de désilage. • Adapter la géométrie des parois à la forme du tas (pour pouvoir tirer la bâche au-dessus des bords) ; forme s'effilant vers le côté de désilage tenir compte des exigences spécifiques pour les dispositifs de bâchage automatiques. • Assurer un accès latéral pour les travaux de bâchage grâce à une distance d'au moins un mètre jusqu'au silo voisin. • Rampe à l'arrière du silo 	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir des silos ronds, car la forme carrée est désavantageuse pour le compactage et le désilage dans les coins. • Des diamètres de 3 à 6 m et des hauteurs de silo entre 12 et 26 m sont les plus usuels. • Pour respecter l'avancement nécessaire en cours d'année, respecter la surface d'attaque déterminée ; utiliser éventuellement plusieurs silos de diamètres différents. • Silos avec désilage par le bas : <ul style="list-style-type: none"> – Assurer un accès facile au dispositif de fraisage. – Le vase d'expansion (appelé le poumon) correspond à env. 10 % du volume du silo ; prévoir à cet effet un espace protégé à proximité.



Le choix de l'emplacement, la conception et le dimensionnement du silo sont déterminants pour une utilisation optimale de l'installation. Les voies d'accès pour les véhicules, les travaux de bâchage ainsi que l'utilisation de dispositifs de désilage en font également partie (photo de gauche : Fübbeker ; à droite système de Silo GB)

Pour plus d'informations

Aménagement du territoire – intégration dans le paysage

Intégrer les installations de silos dans le bâti et le paysage n'est pas une tâche aisée. Selon la situation locale, il en résulte différentes variantes d'exécution avec des répercussions sur le type de construction et le dimensionnement de l'installation. Il est donc indiqué pour de tels projets de construction d'adresser dès

la phase d'avant-projet une demande préalable à l'autorité compétente en matière de construction. En ce qui concerne le site, il s'agit notamment de démontrer de manière compréhensible quelles sont les exigences logistiques pour le remplissage et le désilage et de faciliter ainsi la réalisation du projet.



Les installations de silos devraient s'intégrer au mieux dans le paysage et le bâti (photo : AGRIDEA).

Protection des eaux

Les installations de silos nécessitent une autorisation des autorités de protection des eaux. Pour la planification et la réalisation, il existe des dispositions relatives aux différents types de construction concernant le drainage, la structure porteuse, le choix des matériaux, l'étanchéité, etc.

Les cantons du nord-ouest de la Suisse ont édicté (en allemand) des directives pour la construction d'installations de silos et le stockage d'ensilage, dans lesquelles ils détaillent les dispositions de l'aide à l'exécution pour la protection de l'environnement dans l'agriculture en vigueur pour toute la Suisse (OFEV/OFAG 2011). Lien : [so.ch > Verwaltung > Bau- und Justizdepartement](#)

[> Amt für Umwelt > Landwirtschaft > Hofdünger-Anlagen > Baugesuchunterlagen > Siloanlagen > Grundlagen für das Ers-tellen ...](#)

Voir aussi la publication de l'OFAG « Constructions rurales et protection de l'environnement » sous le lien suivant :

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/eaux/publications/publications-eaux/constructions-rurales-protection-environnement.html>

Pour les installations dans les autres cantons, les dispositions respectives doivent être clarifiées avec l'autorité compétente.

Prévention des accidents

Les travaux de construction, d'exploitation et d'entretien des installations de silos présentent des risques d'accidents considérables. Afin de minimiser les risques, notamment d'accidents dus à des chutes et des intoxications par le gaz, différents outils sont disponibles auprès du Service de prévention des accidents SPAA. Les principales indications et exigences sont résumées au chapitre quatre de la brochure Gaz et substances dangereuses

dans l'agriculture (2018). Lien : [Gaz et substances dangereuses dans l'agriculture \(bul.ch\)](#). Elles sont complétées par des indications spécifiques sur « Travailler en sécurité sur un silo-tour » (2022). Lien : [Travailler en sécurité sur un silo-tour \(bul.ch\)](#)



Les accidents dus aux chutes peuvent être évités dans les silos couloir grâce à des garde-corps et/ou des parapets. Un couloir d'au moins 1 m de large entre deux silos permet de créer un accès sûr pour les travaux de bâchage (photo : AGRIDEA)



Outre les garde-corps et les protections contre les chutes près de l'ouverture de remplissage, des passerelles suffisamment larges et antidérapantes sur les silos-tours augmentent la sécurité lors du travail (photo : Système Silo GB)

Sources

Agroscope, 2021. *Apports alimentaires recommandés pour les ruminants* (Livre vert).

Agroscope, Posieux. Accès : www.agroscope.ch/livre-vert

dlg 2012. En allemand : *Praxishandbuch – Futter- und Substratkonservierung, 8. überarbeitete Auflage* (Manuel pratique - Conservation des fourrages et des substrats)

Stutz et Trachsler 2020. *Tipps und Tricks für den Silierprofi «silieren heute»*, brochure en allemand SVS/ASE, <https://www.silovereinigung.ch/wissen/silierregeln/> (Trucs et astuces pour les professionnels de l'ensilage)

Zimmer E., 1987 : dans : Voigtländer G, Jakob H. éditeurs, en allemand : *Grünlandwirtschaft und Futterbau*. Edition Eugen Ulmer, Stuttgart, p. 39 (Prairies et cultures fourragères).

Autres publications pertinentes issues de la recherche et du conseil ; La liste complète des sources est disponible auprès des auteurs et autrices.