

Repères sur le séchage du foin en grange

Partie 1. Conception

Pierre Aeby
Collaborateur scientifique
Grangeneuve
Route de Grangeneuve 31
CH-1725 Posieux
pierre.aeby@fr.ch

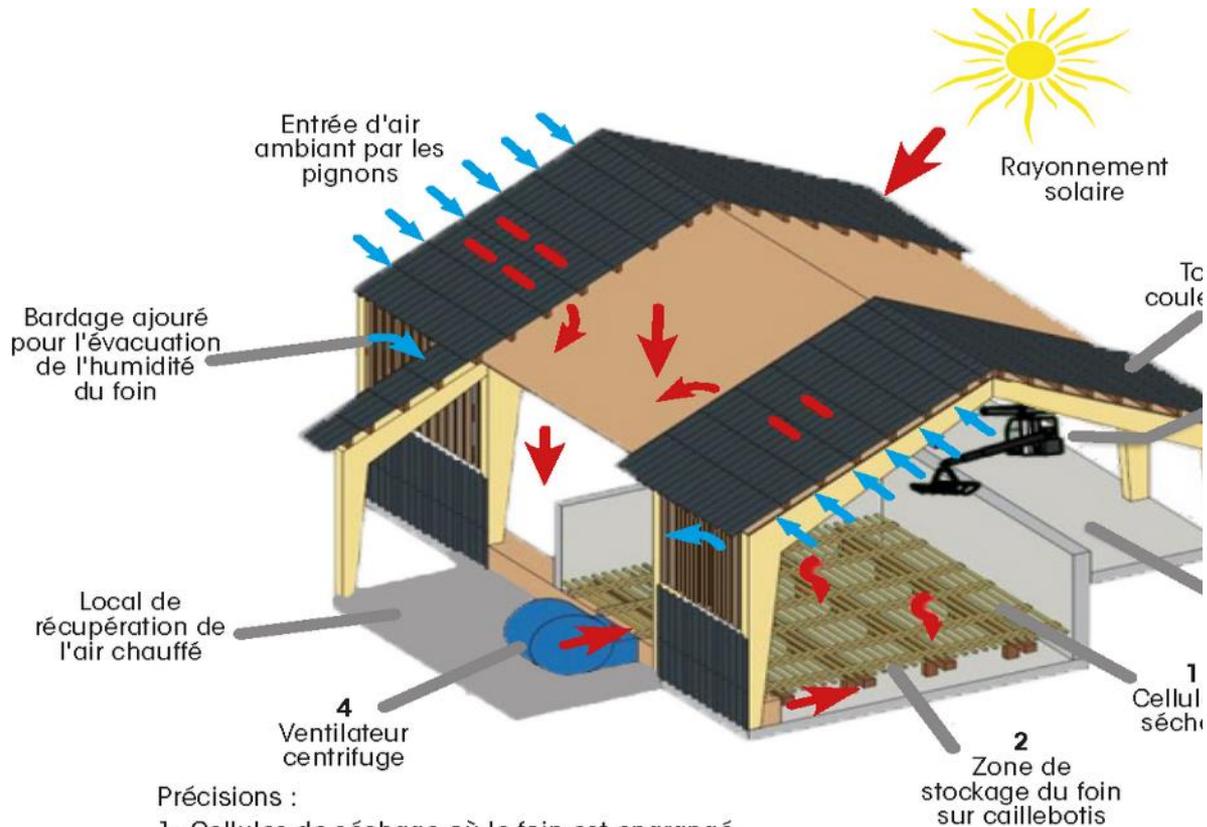
*Sans indications particulières, photos de l'auteur
Version automne 2024*



Principe



Principe



Précisions :

- 1- Cellules de séchage où le foin est engrangé
- 2- Caillebotis en bois surélevés de 30 à 60 cm du sol
- 3- Toiture sombre permettant le réchauffage de l'air via l'énergie incidente du soleil
- 4- Ventilateurs qui soufflent l'air réchauffé à travers le tas de foin
- 5- Quai de déchargement à côté des cellules pour l'engrangement et le déchargement

Source SEGRAFO : <https://www.segrafo.com/index.php?rang=7>

Volume nécessaire

f {hauteur du séchoir, ingestion, durée}



Hauteur séchoir		mètres		4m				5m				6m			
Densité foin		kg foin / m3		70 kg / m3				85 kg / m3				100 kg / m3			
Ingestion		kg foin / jour / vache		15		20		15		20		15		20	
Durée affouragement		jours / an		150	200	150	200	150	200	150	200	150	200	150	200
Volume de séchoir nécessaire (sans réserves)		m3 / vache		32	43	43	57	26	35	35	47	23	30	30	40

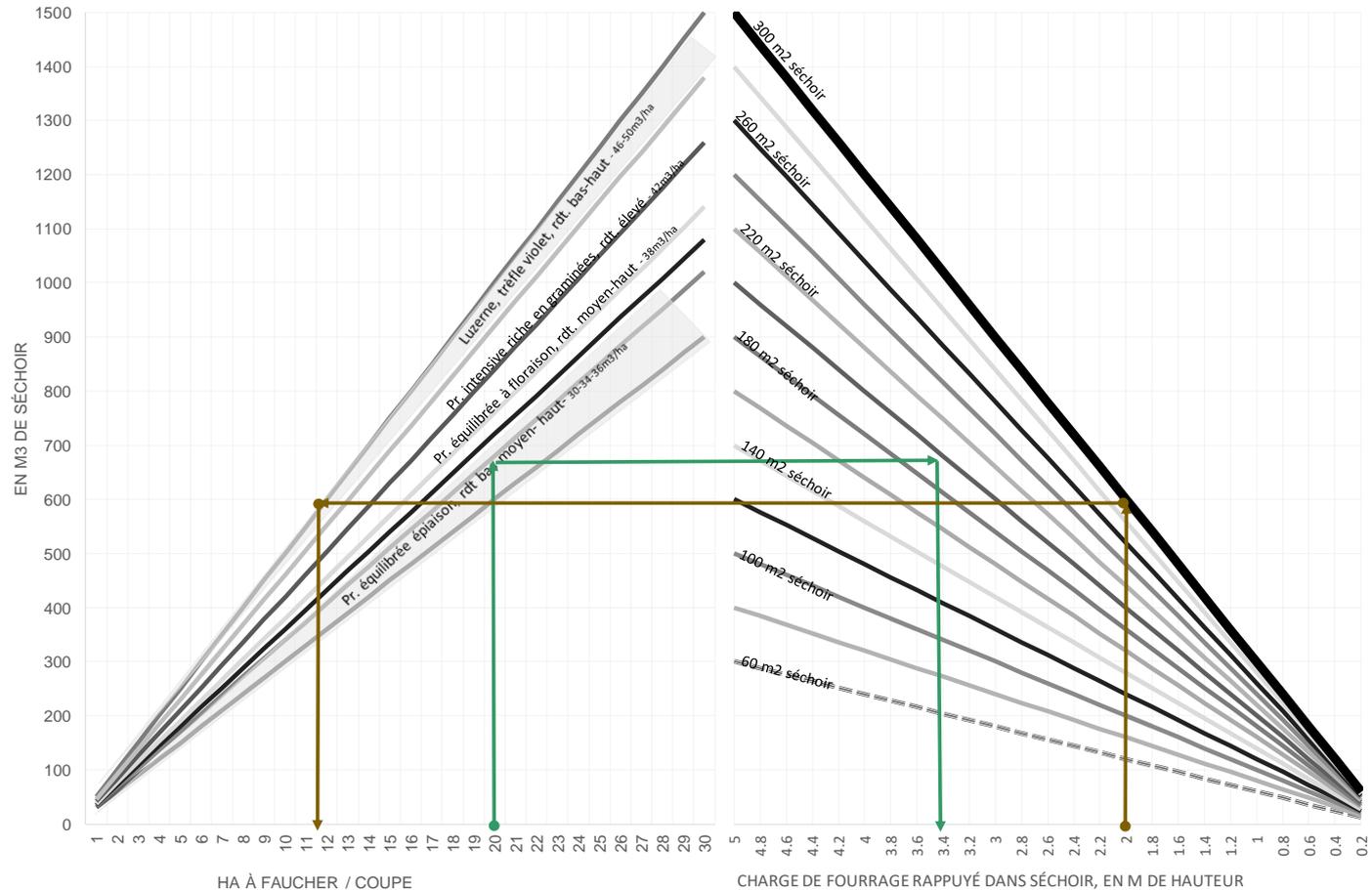
Volume nécessaire

f {rendement et surface de séchoir}

Graphique établi sur références öKL, Wien 2017

Pour comparaison : 1m3 fourrage rappuyé = 1.5m3 fourrage fraîchement engrangé

Relations entre surface à faucher à la première coupe, volume de fourrage rappuyé par ha selon stade et type botanique, surface de séchoir et conséquence sur la hauteur de la charge de fourrage



Ex1 : 20 ha prairie équilibrée, à épiaison, rendement moyen, séchoir 200m2 = 3.4m de hauteur de fourrage rappuyé

Ex2 : pour 2m de hauteur dans 300m2 de séchoir, luzerne productive = ne pas faucher plus que 12 ha

Dimensions cibles

- > Plusieurs cellules sont préférables
- > Relation Longueur:largeur = 1:1 ou max 2:1
- > Surfaces courantes entre 50 et 200 m², mais peut aller au-delà
- > Hauteur maxi du séchoir (4)-5m



Ventilateur



- > Débit d'air-cible = $0.11 \text{ m}^3 \text{ d'air} / \text{m}^2 \text{ séchoir} / \text{sec}$
min = 0.07 et max = 0.13
- > Débit à assurer selon pression f{hauteur, densité, autres}:
foin moyen = 1.5 hPa (mbar ou CE) / m hauteur
ou luzerne = 1.0 hPa /m de hauteur,
ou regain très fin = 2.0 hPa /m de hauteur
si DZU = +1.0 hPa ou échangeur chaleur +0.8 hPa, ou récupérateur +0.5 à 1.0 hPa
- > Modulateur de fréquences (variateur) nécessaire pour séchoir de plus de 4m hauteur
- > Environ 1 kW de puissance / 10 m^2
- > Vitesse de l'air = 4 à 5 m/sec, constante
- > Moteur électrique IE4 = meilleure efficacité / meilleur rendement

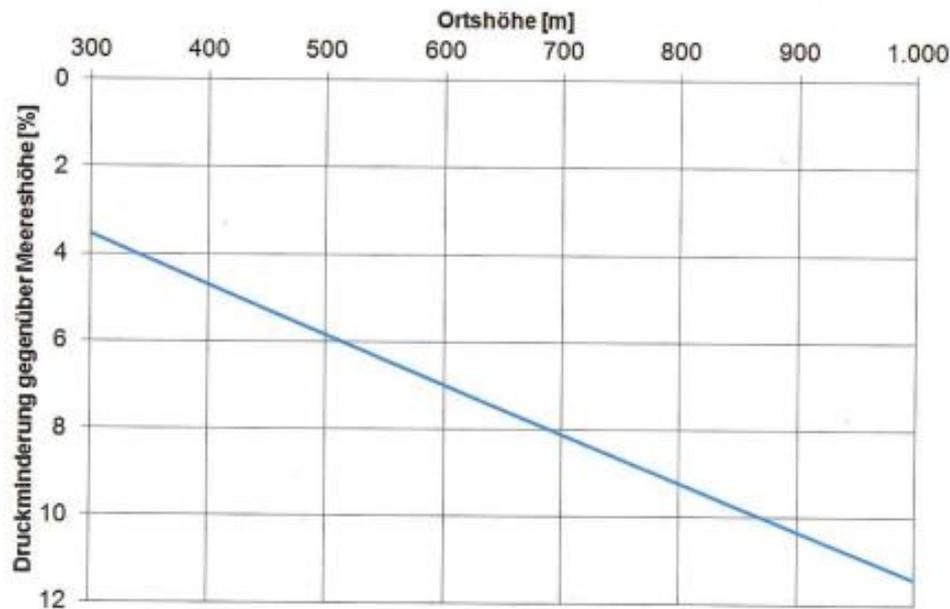
Ventilateur

Leistungsdaten Radialventilatoren Baureihe LABL

Typ	Motor		Turbine U/min.	Durchsatz		Anlagendruck (P)															
	kW	PS		Leistung	Wirk.Grad	2.0 mbar	3.0 mbar	4.0 mbar	5.0 mbar	6.0 mbar	7.0 mbar	8.0 mbar	9.0 mbar	10.0 mbar	11.0 mbar	12.0 mbar	13.0	14.0	15.0	Max. mbar	
LABL1905				m ³	/sek	12.8	11.5	10.2	8.6	6.6											
STABAG 1067T	5.5	7.5	680	kW		6.1	6.4	6.5	6.5	6.0										5.5	
				%		42.0	54.0	63.0	67.0	67.0											
LABL1907				m ³	/sek	14.6	13.7	12.5	11.3	9.8	8.1	5.6									
STABAG 1067	7.5	10.0	755	kW		8.0	8.6	8.8	9.0	8.9	8.5	7.2								8.3	
				%		36.0	48.0	57.0	63.0	66.0	67.0	62.0									
LABL1909				m ³	/sek	15.9	15.0	13.9	12.8	11.7	10.3	8.7									
STABAG 1067H	9.2	15.0	807	kW		9.7	10.2	10.7	10.8	11.0	10.8	10.3								9.5	
				%		33.0	44.0	52.0	60.0	64.0	66.0	67.0									
LABL1911				m ³	/sek	17.0	16.2	15.3	14.2	13.2	12.0	10.7									
STABAG 1067J	11.0	15.0	854	kW		11.3	11.9	12.5	12.7	12.9	13.0	12.8								10.6	
				%		30.0	41.0	49.0	56.0	61.0	65.0	67.0									
LABL1915				m ³	/sek	18.2	17.4	16.7	15.6	14.8	13.7	12.6									
STABAG	15.0	20.0	900	kW		13.3	14.0	14.6	15.1	15.2	15.5	15.5								11.9	
				%		28.5	37.3	45.6	51.6	58.2	62.1	65.1									
LABL1918				m ³	/sek	19.7	19.0	18.3	17.5	16.5	15.7	14.7	13.7	12.5	11.2	9.7	7.7				
STABAG	18.5	22.0	970	kW		16.2	16.8	17.5	18.2	18.6	18.7	19.0	19.0	18.8	18.3	17.5	15.7			13.5	
				%		26.2	33.9	41.6	48.0	53.1	58.6	62.1	65.0	66.0	67.0	67.0	63.3				

Ventilateur : tenir compte de l'altitude

> La densité de l'air est plus faible en altitude, donc le ventilateur doit être plus puissant

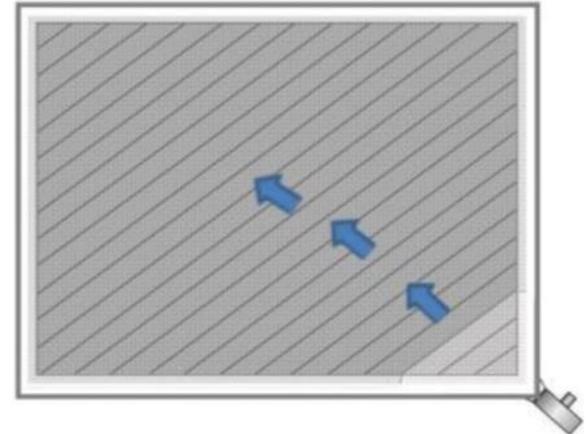
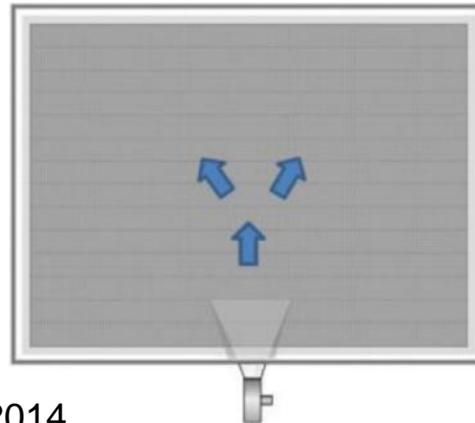
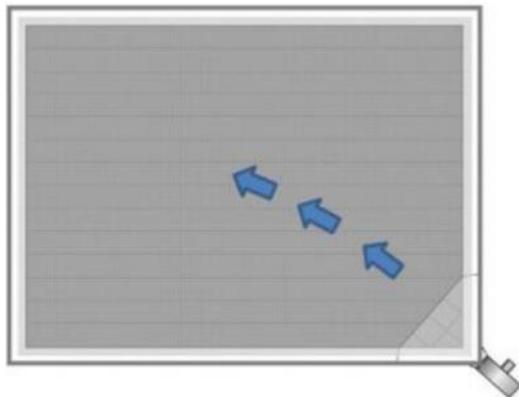


Verminderung des Ventilator drucks je nach Höhenlage | Wirleitner

ÖKL LTS 236

Emplacements du ventilateur

- > Aspiration d'air sec, par ex. façade Sud
- > Idéalement, sans angle droit
- > Distribution uniforme de l'air sous le séchoir



Source : Agroscope-Transfert 38, 2014

Ventilateur

- > Distance entre paroi et ventilateur = diamètre du ventilateur
- > Débits élevés : $16.5 \text{ m}^3 \text{ d'air/sec}$ pour 150m^2 !
- > Vérifier bruit et frottements



Ventilateur

—



Neufs et déjà mal posés



Ventilateur

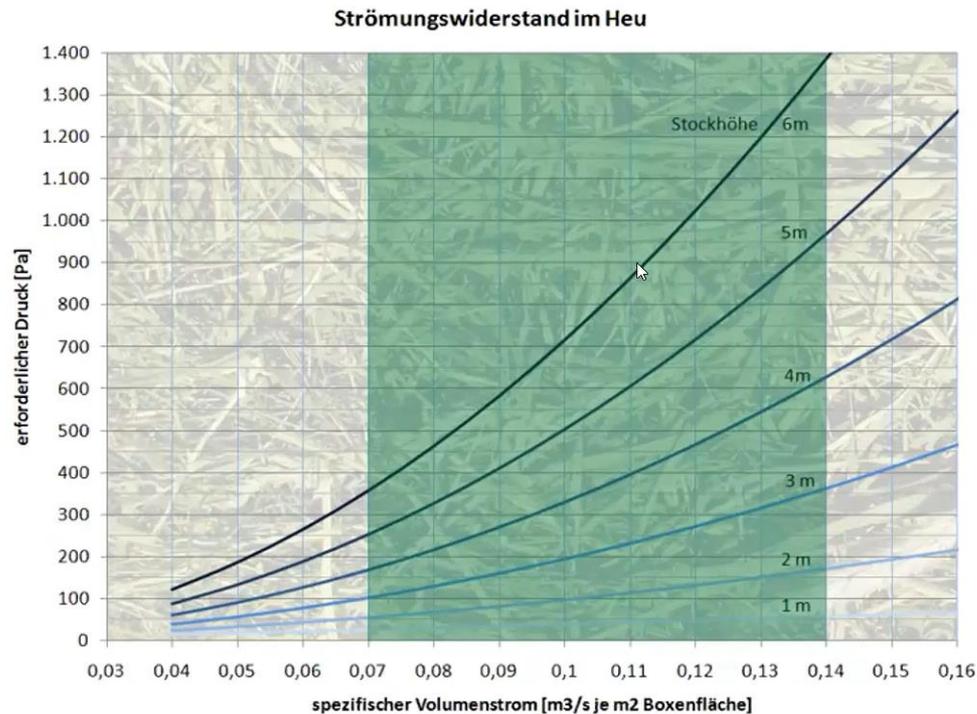


Un Ventilateur pour plusieurs séchoirs



Pression en fonction de la hauteur du tas

Luftwiderstand Losetrocknung



Ventilateur

Ne pas ré-aspirer l'air humide qui sort du séchoir



Ventilateur

> Un variateur de fréquences a tout son sens dès 4 mètres de hauteur de séchoir

Source tableau : Fabien Daloz, MECA-séchage newsletter2, 2023

Fréquence en Hz	30 Hz	35 Hz	40 Hz	45 Hz
Pourcentage de variation	60%	70%	80%	90%
Débit restant du ventilateur	22%	34%	51%	73%



Claies / caillebotis

-
- > Hauteur de 50 à 60 cm
- > Matériau = bois ou fer à béton
- > Pose perpendiculaire au sens de la ventilation

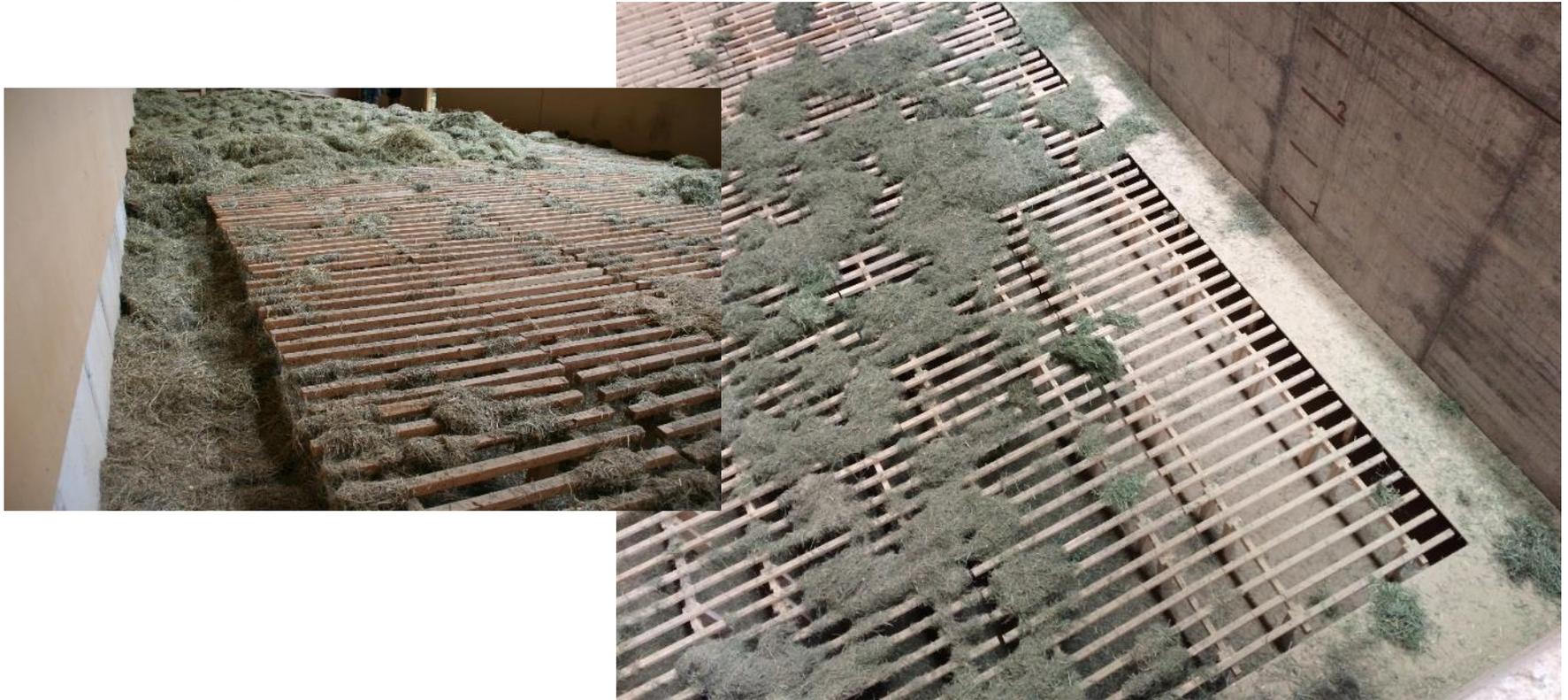
Offre 2022 : 17.5 – 18.50 CHF/m² (claies en bois)

Offre 2023 : 36 CHF ht / par claie de 1.5mX1.0m (=24 /m²)

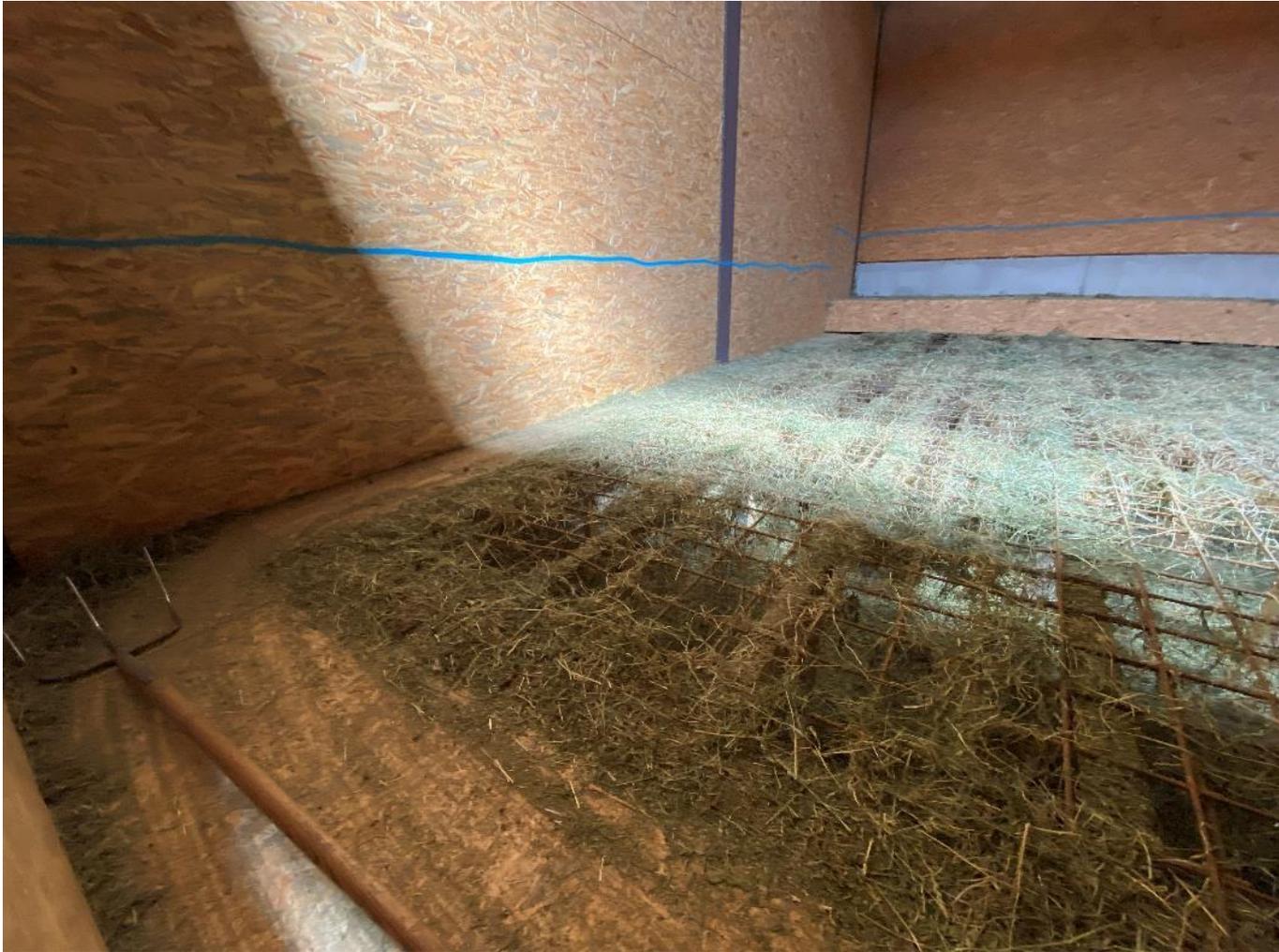


Claies / caillebotis

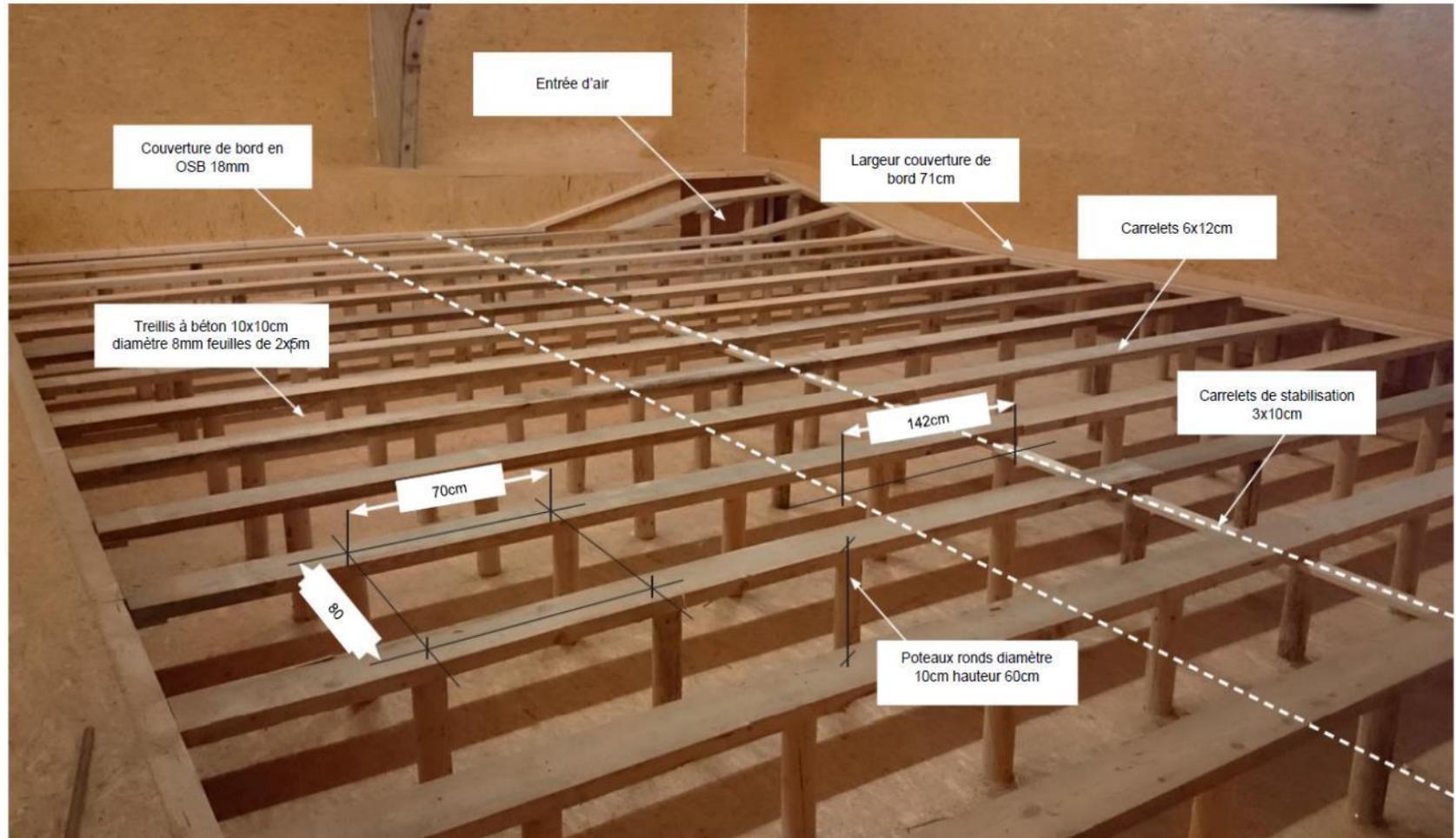
- > Distances entre claies et parois de 50cm à 100 cm selon surface du tas
- > Ou étanchéification latérale avec des panneaux (efficacité sur 2-3 mde hauteur)



Claies métalliques



Claies métalliques



Source : conseil pour aménagement Varin, Courtemelon 2022

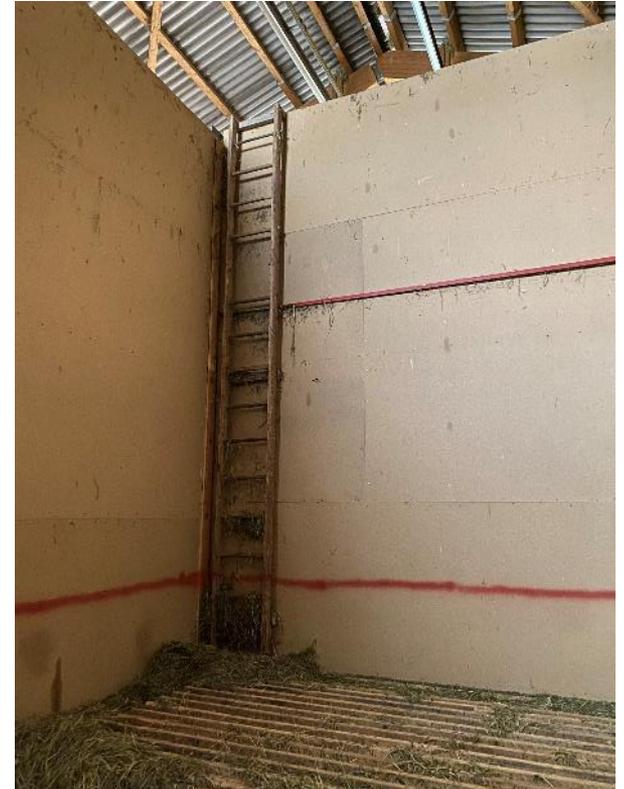
Claies pour séchage du maïs ou céréales



Source photo : Samuel Reinhard, Grangeneuve – visite Lescheroux

Parois

-
- > Parois étanches à l'air
- > Pas de fourrage au-delà de 50cm du haut des parois
- > Ne pas oublier une sortie de secours
 - Vital en cas d'incendie
 - Créer de simples marches avec des lattes contre le paroi (fuite en cas d'incendie)
- > Ouverture possible des parois sur gonds

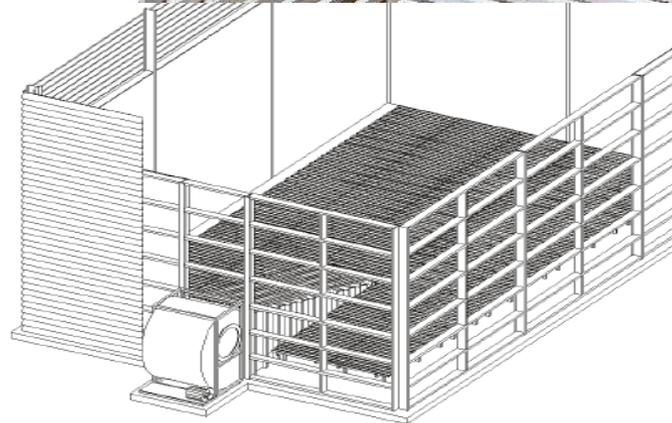


Canal de pression après le ventilateur

- > Idéalement sans obstacle dans le séchoir
- > Section du canal de pression selon débit d'air et vitesse de l'air de 10m/s

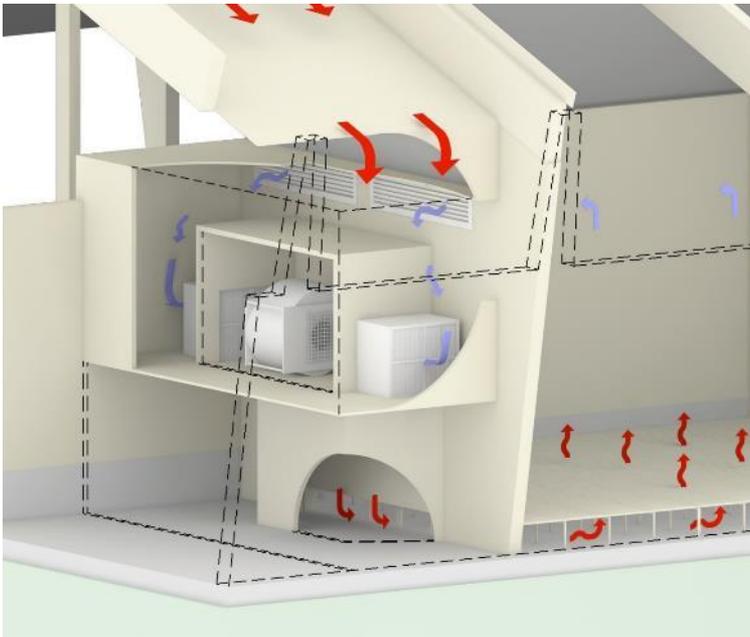


Canal de pression après le ventilateur



Canal de pression après le ventilateur

> Canal en extérieur de la cellule



Aménagement du fond du séchoir

- > Éventuel recouvrement du fond du séchoir avec panneau OSB
 - = isolation thermique intéressante pour grands séchoirs ou long canal après le ventilateur
- > Déperdition de 233 W/m^2 avec un sol en béton de 8 cm contre 12.3 W/m^2 si 4 cm de mousse polyuréthane projetée
 - Source : <http://idele.fr/filieres/caprin/publication/idelesolr/recommends/capherb-sous-action-21.html>
- > Perte de 1°C par 10m de béton = couvrir le sol si canal long

Aménagement du fond du séchoir

> Pas obligatoire de bétonner si sol sain !

Coût d'une dalle béton	Coût d'un sol gravelé	Surcoût béton pour 150 m ²
<i>Kosten einer Betonplatte</i>	<i>Kosten eines Kiesbodens</i>	<i>Mehrkosten Beton für 150 m²</i>
77.- /m²	25.- /m²	7'800.-



Emplacement du séchoir : 3 variantes

- > Dans bâtiment, en face des animaux
- > Dans bâtiment, au-dessus des animaux
- > Dans fenil séparé



<https://www.youtube.com/watch?v=92eCzabjfPE>

Griffe-pont roulant vs. doseur-souffleur

- > Avantages griffe : multi-usages, rapidité, grandes surfaces / longueurs
- > Avantages souffleur : qualité de la répartition, prix (?)



Vider en saison de végétation

> Tendanciellement moins cher de vider et presser que de reconstruire

	Coût du pressage	Coût de la manutention	Total
Bottes 400 kg (80x90)	20.-/botte 50.-/t	15.- /t	65.-/t
Economie sur le fenil¹			80.-/t

Source : Grangeneuve



¹Pour un coût de 200.-/m³ pour le fenil contre 100.-/m³ pour le hangar et une annuité de 5.78% (4% et 30 ans). Densité du fenil 90 kg/m³, contre 140 kg/m³ pour la balle sous hangar

Coûts de construction

- > Entre 200 et 250 CHF/m³ de séchoir tout compris (sol / toit / parois / ...)
- > Entre 5'000 en fenil intégré et 5'400 CHF / UGB en fenil séparé avec accès

Source : Nydegger, cours Ventilation du foin, Outil de planification et logiciel «capteurs solaires», année ?



À disposition si questions ou remarques