

Aspects économiques et énergétiques

Pierre Aeby
Collaborateur scientifique secteur Production Animale

Grangeneuve
Route de Grangeneuve 31
CH-1725 Posieux
pierre.aeby@fr.ch



Sans indications particulières, photos de l'auteur
Version 2024

Les 4 piliers

- **Équipement de base du séchoir**

- Hauteur max → 5m
- Longueur X largeur → 2X1
- Ventilateur → débit
- Source de l'air ambiant
- Variateur de fréquence

- **Traitement de l'air**

- Air chaud
- Déshumidificateur

- **Engrangement**

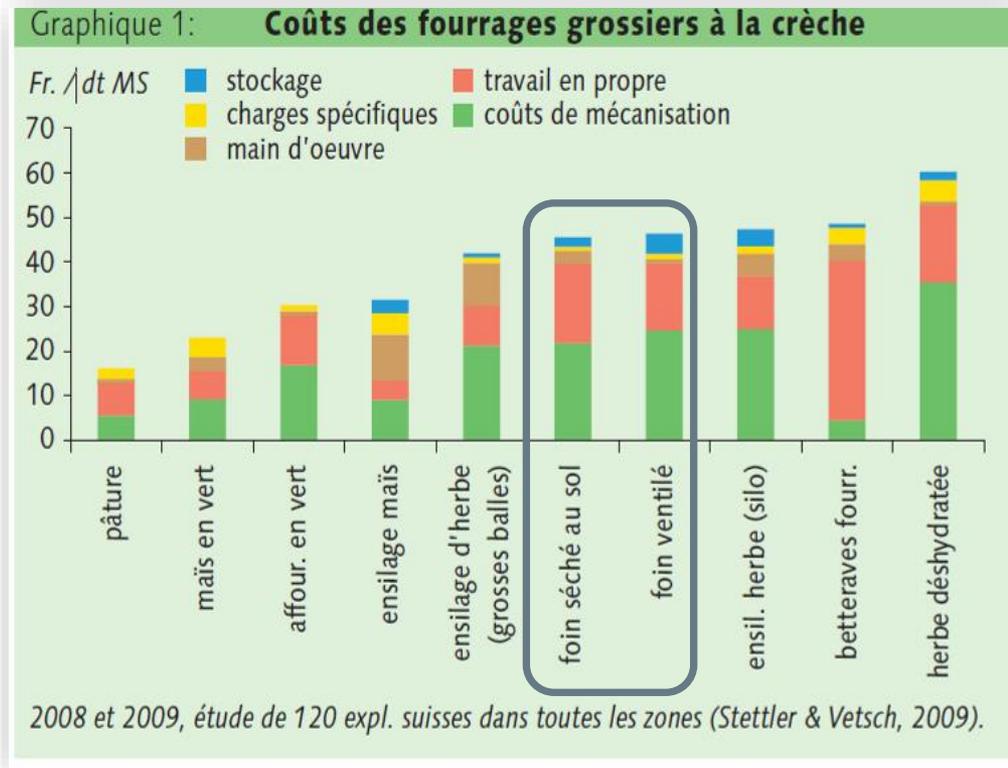
- Hauteur de la charge → 2m max
- Répartition homogène du fourrage → %MS / pont roulant / autochargeuse / etc.

- **Ventilation**

- Sondes
- Contrôles Températures / Pression / Humidité relative / kWh
- Odorat / Toucher / Vue



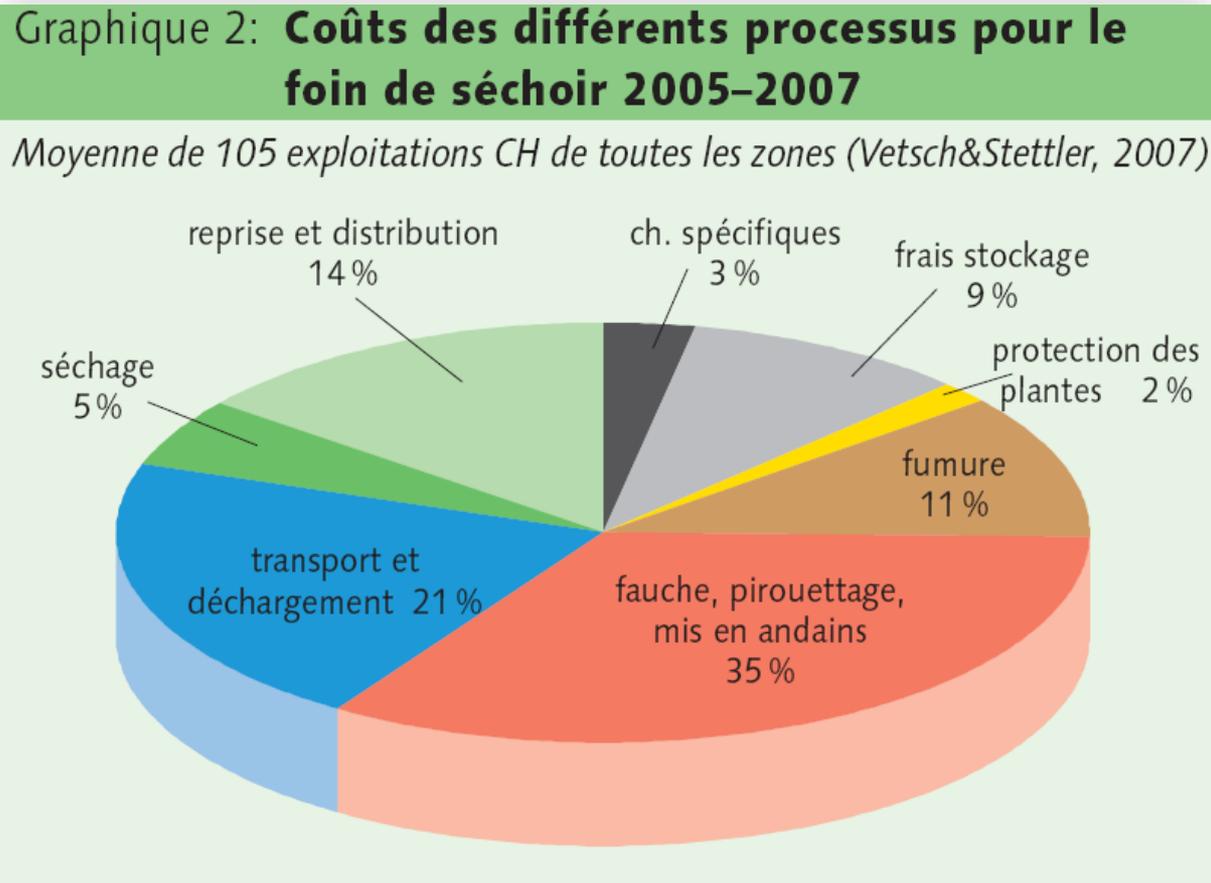
Peu de données sur coûts du séchage



Source : revue UFA, 2010

Selon enquêtes GRUFKO, **coûts de production totaux du foin ventilé** incluant frais spécifiques, frais fixes et variables des machines et bâtiments, et indemnisation de la MO familiale = **400 CHF/tonne foin**

Plus de la 1/2 des coûts sont au champ



Source : revue UFA, 2010

Équivalence de performances entre systèmes

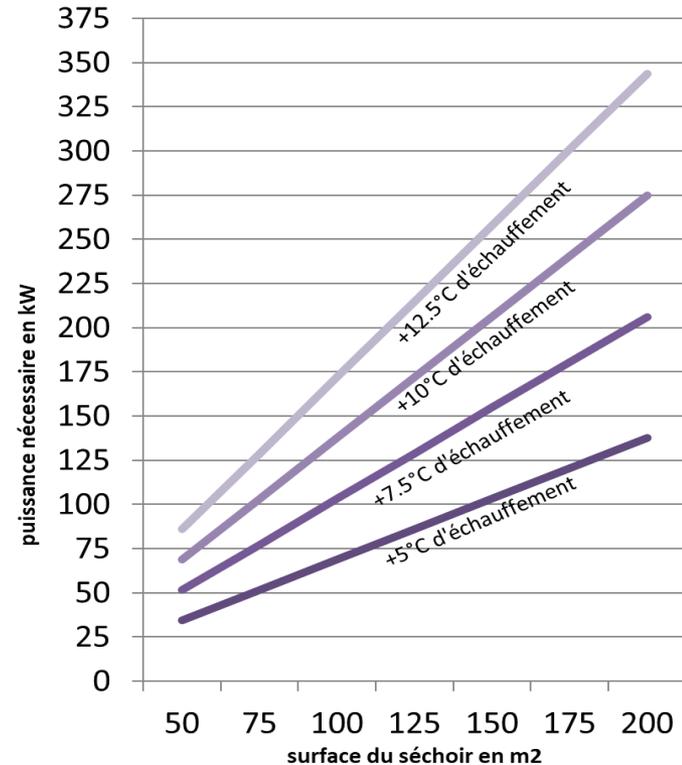
DZU ou «air chaud» bien dimensionnés = séchage indépendant de la météo

- Base= 125 kW pour +10°C par 100m² de séchoir
- Rapport puissances DZU/ventilo = de 1/1 à 2/1

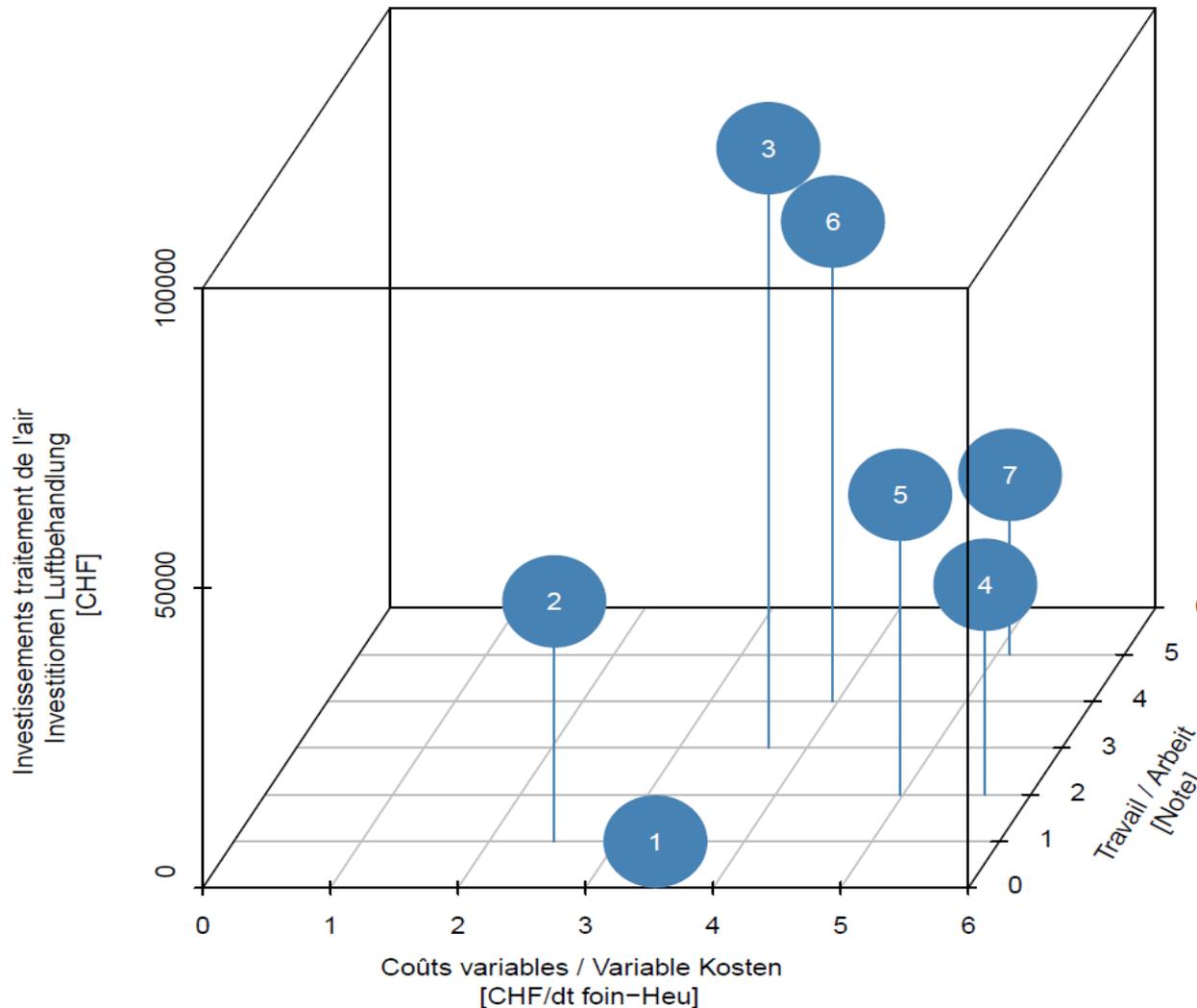


Puissance de chauffage selon augmentation de température souhaitée et surface du séchoir

Adapté selon Wirleitner, 2013



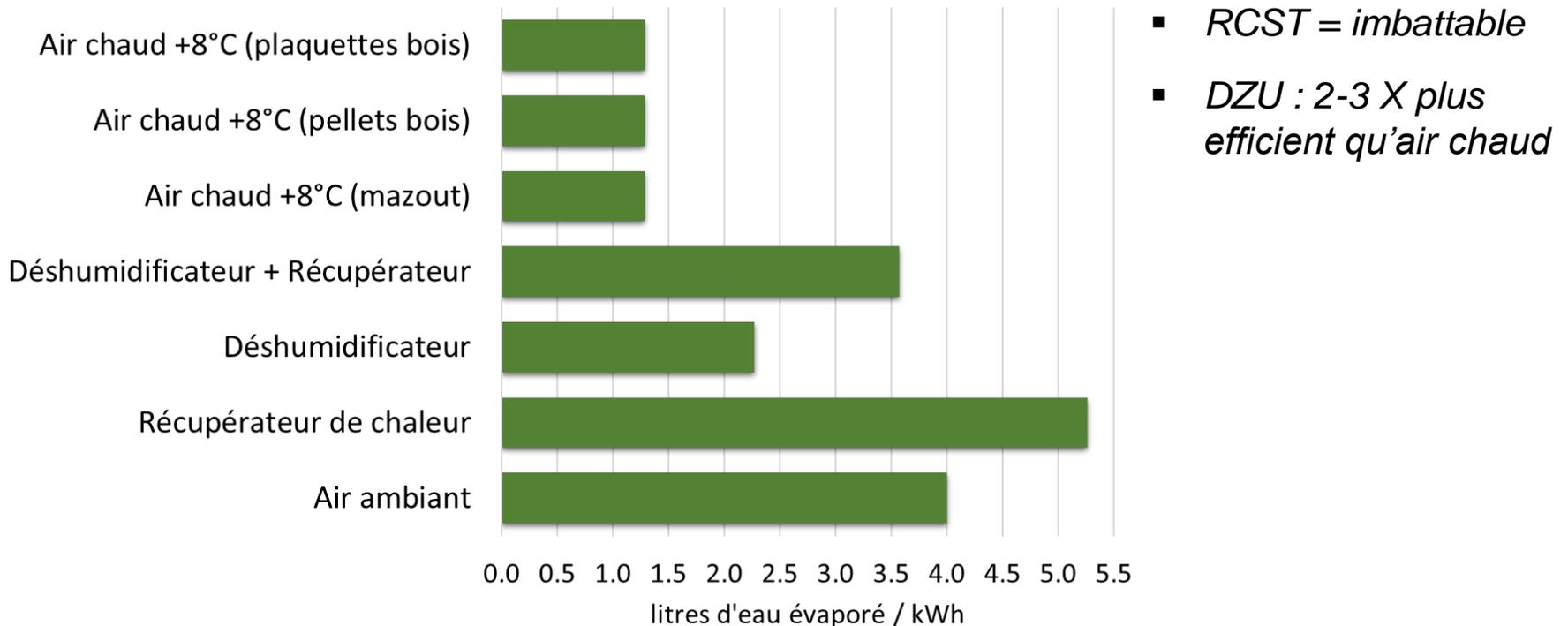
Les 3 paramètres de choix



1. Air ambiant
2. Récupération de chaleur sous toiture
3. Déshumidificateur
4. Chaudière à mazout
5. Chaudière à plaquettes de bois
6. Chaudière à bois déchiqueté
7. Chaudière à bois en bûches

Efficiene énergétique (kWh/l eau évaporée)

Résultats autrichiens (ventilateur + source d'énergie complémentaire.
Source : adapté de Wirleitner dans "Heutrocknung, technische Grundlagen für die Bauplanung" öKL 2017)



Efficiencce énergétique – en Wh/l d'eau

- Résultats Grangeneuve (*ventilateur + source d'énergie complémentaire*)

	2021	2022	2023	2024 → 1 juillet
Chaleur sous toiture	300	369	614	252
DZU + Chaleur ss toiture	890	1'069	724	588
Eau chaude	6'740	6'796	3'293	3'594
Air ambiant	1'110	2'016	1'463	--
Chauffage à pellets de bois				3'629



Efficiency énergétique des séchoirs en grange

Grangeneuve 2021 à 2023

<i>Énergie = ventilation + traitement de l'air</i>	Litres d'eau évaporée par kWh	... ou Wh par litre d'eau évap.	Coûts ventilation CHF / to foin
Chaleur ss. toiture	2.338	428	28
DZU + Chaleur ss. toiture*	1.118	894	80
Eau chaude*	0.178	5'618	158
Air ambiant	0.654	1'529	41

La récupération de chaleur sous toiture est le système le plus efficace, mais elle ne fonctionne pas en permanence (nuit, pluie).

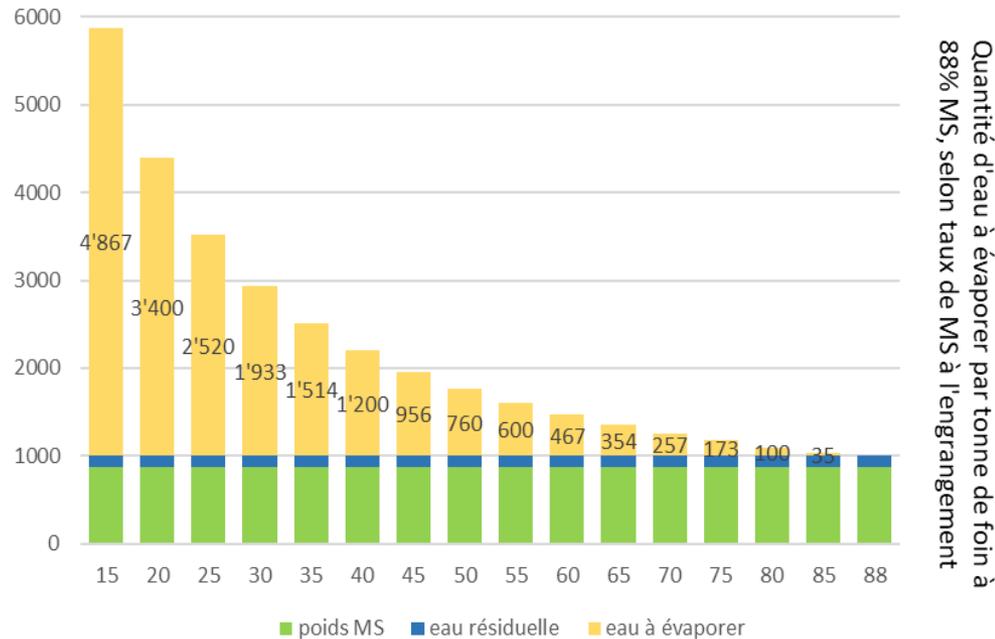
**Parmi les traitements de l'air indépendants de la météo, le déshumidificateur est 6x plus efficace en énergie que l'eau chaude, mais seulement de moitié moins chère à la ventilation car l'énergie engagée est plus chère (à ce stade, sans rajouter les investissements également plus élevés).*

Prix de l'énergie (en centimes/kWh)

	Gaz ¹⁾	Mazout ¹⁾	Pellets bois ¹⁾	Plaquettes bois ²⁾	Bûches bois feuillus 33cm ^{3) et 4)}	Électricité ¹⁾
1 ^{er} mai 2024	15.4	10.7	8.6	5.4	9.0 ³⁾	28.3
1 ^{er} mai 2023	16.9	10.1	10.1	5.4	9.6 ^{4)est}	23.4
1 ^{er} mai 2022	13.0	14.8	9.8	5.2	9.6 ^{4)est}	18.0
1 ^{er} mai 2021	9.1	8.1	6.7	4.7	7.7 ^{4)est}	17.5
1 ^{er} mai 2020	9.2	6.4	7.0	4.6	7.3 ^{4)est}	17.4
1 ^{er} mai 2019	9.9	9.6	7.1	4.7	7.7 ^{4)est}	17.4
1 ^{er} mai 2018	9.2	9.5	7.3	4.7	7.8 ^{4)est}	16.9
1 ^{er} mai 2017	8.8	7.5	7.3	4.6		16.1
1 ^{er} mai 2006	8.0	8.3	7.1	4.0		12.2

- Source 1) : <https://www.propellets.ch/fr/chauffer-aux-pellets/faits-et-chiffres/prix-des-pellets.html>
- Source 2) plaquettes bois [Indice des prix des plaquettes et des pellets - Thèmes spécialisés - Holzenergie \(energie-bois.ch\)](#)
- [Source 3\) : Bois en bûches : Bois énergie \(gflo.ch\)](#)
- source4)estimation : [Prix des bois | Forêt Suisse \(foretsuisse.ch\)](#)
- <https://www.heizmann.ch/fr/bon-a-savoir/le-chauffage-au-bois-en-chiffres/>

Sécher du foin = évaporer litre après litre

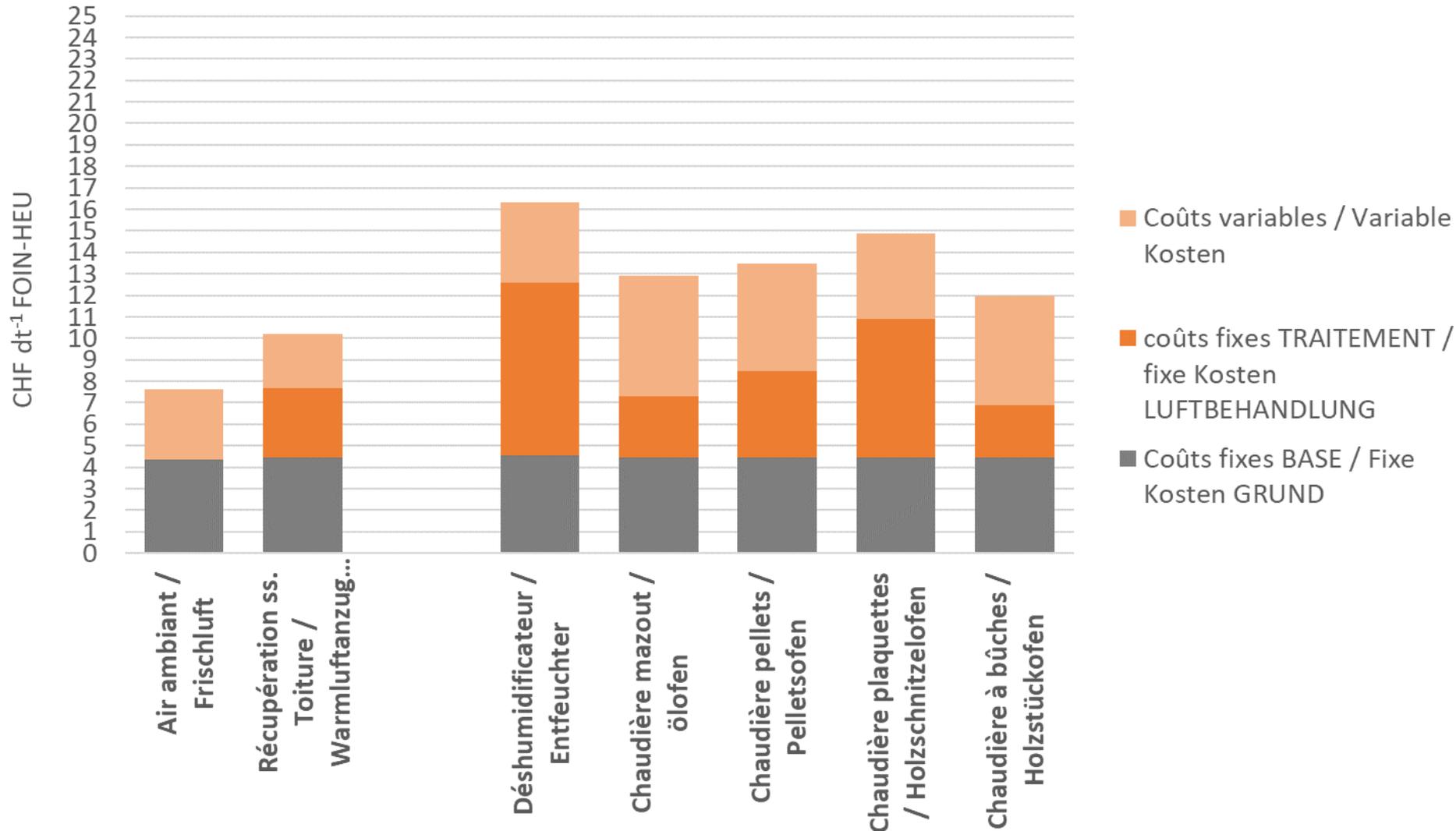


- Fourrage à 60 % MS = 467 litres d'eau à évaporer par tonne de foin
 - avec RCST = 50 à 140 kWh / tonne de foin
 - avec DZU = 230 à 420 kWh / tonne de foin
- Si 70% MS = ½ d'eau, mais feuilles des légumineuses au sol

Coûts fixes et variables des différents systèmes de traitement de l'air - 60%MS

Fixe und variable Kosten von unterschiedliche Belüftungssystemen

Coûts par dt de foin à 88% MS, si engrangé à 60% MS (données été 2024) - Kosten pro dt Heu, wenn 60% TS gelagert (Stand Sommer 2024)



Amortissement d'un RCST par la qualité

> En fonction de l'énergie ?

> Hypothèse = source énergétique = maïs

base grain moulu = 0.066 CHF/MJ NEL 500 CHF/t; 8.5 MJ NEL/kg MS



> En fonction de la protéine ?

> Hypothèse source protéique = tourteau soja 44

CH = 0.001766 CHF par g MAT 0.8 CHF/kg MF, 453 g MAT/kg MF

CH = 0.0024 CHF par g PAIN 0.8 CHF/kg MF, 334 g PAIN/kg MF

Amortissement d'un RCST par la qualité

- > Investissement dans RCST : quelle différence de valeur nutritive pour amortir ?
- > Conditions :
 - RCST entre 20'000 et 40'000 CHF*
 - Toute la charge financière est attribuée à 1 paramètre*
- > Autres facteurs non chiffrables pas pris en compte

	Selon énergie MJ NEL / kg MS	Selon protéine g PAIN / kg MS
RCST vs. AIR AMBIANT	+0.18 à +0.40	+5 à +12
RCST vs. DESHUMIDIFICATEUR	-0.85 à -1.07	-26 à -36

Amortissement par la valeur énergétique

- > Si RCST = 40'000 CHF, son foin devrait présenter 0.40 MJ NEL / kg MS en plus par rapport à un séchoir à «air ambiant» pour avoir des coûts totaux identiques
- > Si foin «DZU» alors il faut >0.85 MJ NEL/kg MS par rapport à RCST

→ Difficile de «rentabiliser» un équipement complémentaire par la valeur énergétique du fourrage (facteurs non économiques à intégrer)

Amortissement par la valeur protéique

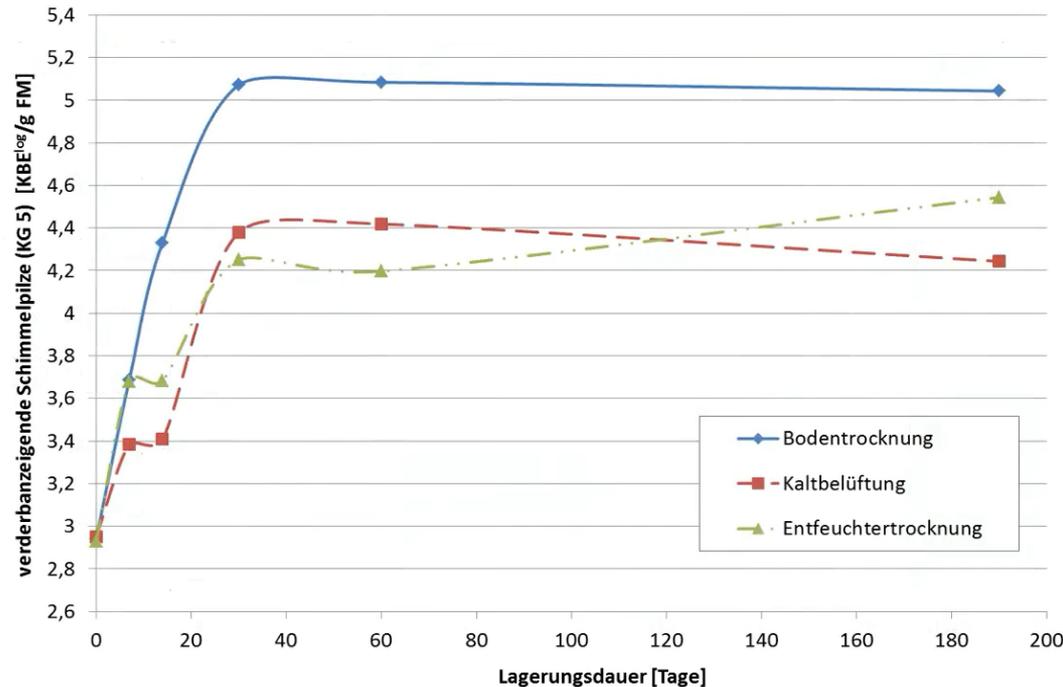
- > Si RCST = 40'000 CHF, son foin devrait présenter 16 g MAT/kg MS par rapport à «air ambient» pour avoir des coûts identiques
- > Foin du DZU >34 g MAT/kg MS par rapport à RCST
 - **Gain protéique nécessaire pour payer un récupérateur +/- réaliste**
 - Gain plus difficile avec un déshumidificateur
 - Tout faire pour garder les feuilles des légumineuses

Autres facteurs non chiffrables

- > Amélioration de l'autonomie fourragère (Bio, part max 5%CC ; PLVH)
- > Absence de fourrage de substitution (régions de montagne)
- > Év. santé animale, si moins de concentrés
- > Indépendance météo = stade plus précoce = plus de feuilles
- > Soutiens étatiques (énergie renouvelable, Plan Climat...) ou contraintes étatiques (taxes CO2) ?
- > Black-out électrique
- > Santé animale - mycotoxines

Autres facteurs non chiffrables

- > Part de mycotoxines
- > Influence du mode de séchage - moisissures



Colonies de moisissures

En bleu = séchage au sol

En rouge = séchage en grange à air ambiant

En vert = séchage en grange avec DZU

Grafik: Resch HBLFA Gumpenstein, Folien Matthias Kittl, LK Salzburg

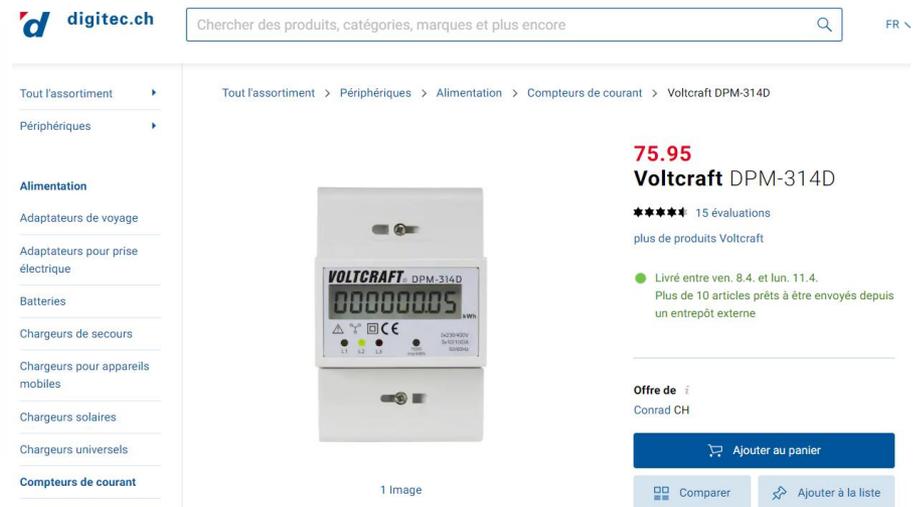
lk Landwirtschaftskammer
Salzburg

Équipements complémentaires

> Modulateur de fréquences

débit d'air constant à $0.11 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{sec}$ avec pression d'air de 1 à 8 hPa = Dilemme du séchoir !

> Compteur électrique pour chaque ventilateur



digitec.ch

Chercher des produits, catégories, marques et plus encore

Tout l'assortiment > Périphériques > Alimentation > Compteurs de courant > Voltcraft DPM-314D

75.95
Voltcraft DPM-314D

★★★★ 15 évaluations
plus de produits Voltcraft

● Livré entre ven. 8.4. et lun. 11.4.
Plus de 10 articles prêts à être envoyés depuis un entrepôt externe

Offre de Conrad CH

Ajouter au panier

Comparer Ajouter à la liste

> Moteur électrique de type IE4

Au final

- > Récupérateur de chaleur sous toiture dans toutes les fermes
- > Compléter par un complément de traitement de l'air
 - > Selon coûts de l'énergie = plutôt bois
 - > Selon MO et/ou efficacité technique = plutôt DZU
 - > selon disponibilité financière (= plutôt mazout, mais pas durable)

Merci pour l'attention