

Séchoir en grange

Différentes sources d'énergie pour le traitement de l'air

Pierre Aeby
Collaborateur scientifique
Grangeneuve, Institut agricole de l'Etat de Fribourg
Route de Grangeneuve 31
CH-1725 Posieux
pierre.aeby@fr.ch

Sans indications particulières, photos de l'auteur
Version 2021



Foin de qualité

Derrière ces équipements, c'est la ration des animaux...

> Mots-clé :

- Teneurs en protéines, en énergie + minéraux
- Propreté, hygiène, appétence du fourrage
- Coûts de production
- Économie de concentrés
- Indépendance face à la météo



Foin de qualité

Autonomie en alimentation animale = assurer les «protéines»

> Et les protéines sont dans les feuilles !

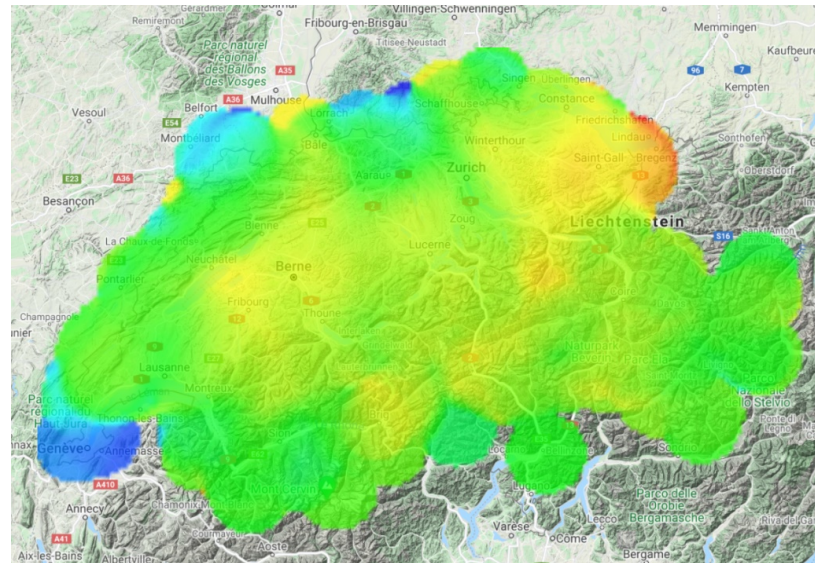
Sur plante entière de luzerne	Feuilles	Tiges
Matière azotée en g/kg MS	299	147

Aeby, luzerne GV 2001

Foin de qualité

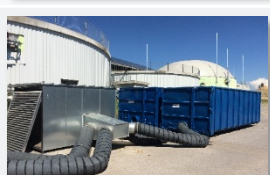
Potentiel d'amélioration de la qualité des fourrages

- > Différences régionales visibles
- > Au niveau des prairies, de la mécanisation au champ, des équipements techniques des bâtiments, et des compétences de l'exploitant



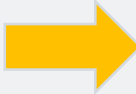
Source : www.feedbase.ch, g PAIN/kg MS, foin 1ère coupe, 2016-2018

Sources d'énergie renouvelables ou non

Types d'énergie	Exemples	
Soleil	Chaleur résiduelle sous toiture ou sous photovoltaïques -> récupérateur sous toiture (Orientation du bâtiment)	
Électricité	Déshumidificateur Pompe à chaleur	
Bois	Pellets, plaquettes, bois déchiqueté, bûches -> chaudières	
Énergie fossile	Mazout Gaz -> chaudières	
Chaleur résiduelle	Biogaz Centrale d'incinération -> échangeurs air ou eau	

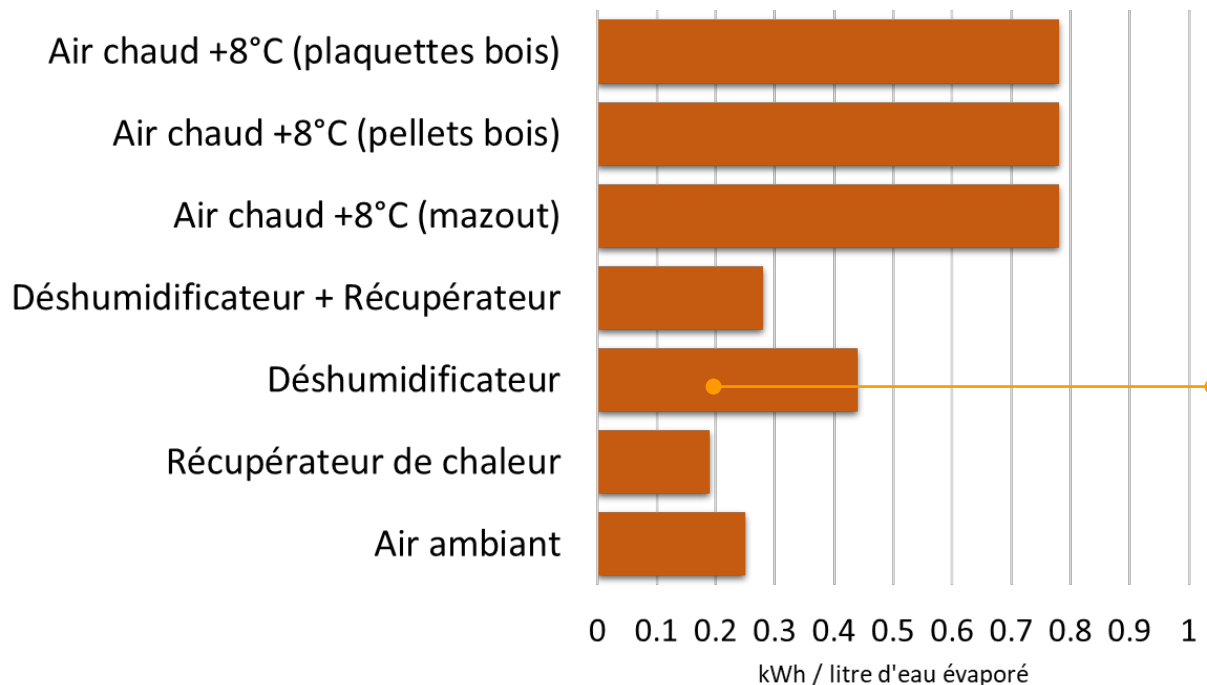
Coûts de l'énergie

Énergie renouvelable favorable

Types d'énergie	Prix de l'énergie en CHF/kWh (et projection du prix)		
Soleil	0		
Électricité	0.10-0.15 (0.08-0.20) ? Blackout électrique ?		
Bois	Pellets ~ 0.06 Plaquettes ~0.03		
Énergie fossile	Mazout ~ 0.09 (0.07-0.20) Gaz 0.08-19		
Chaleur résiduelle	0 – 0.07		

Efficacité énergétique

Tous les systèmes ne sont pas équivalents

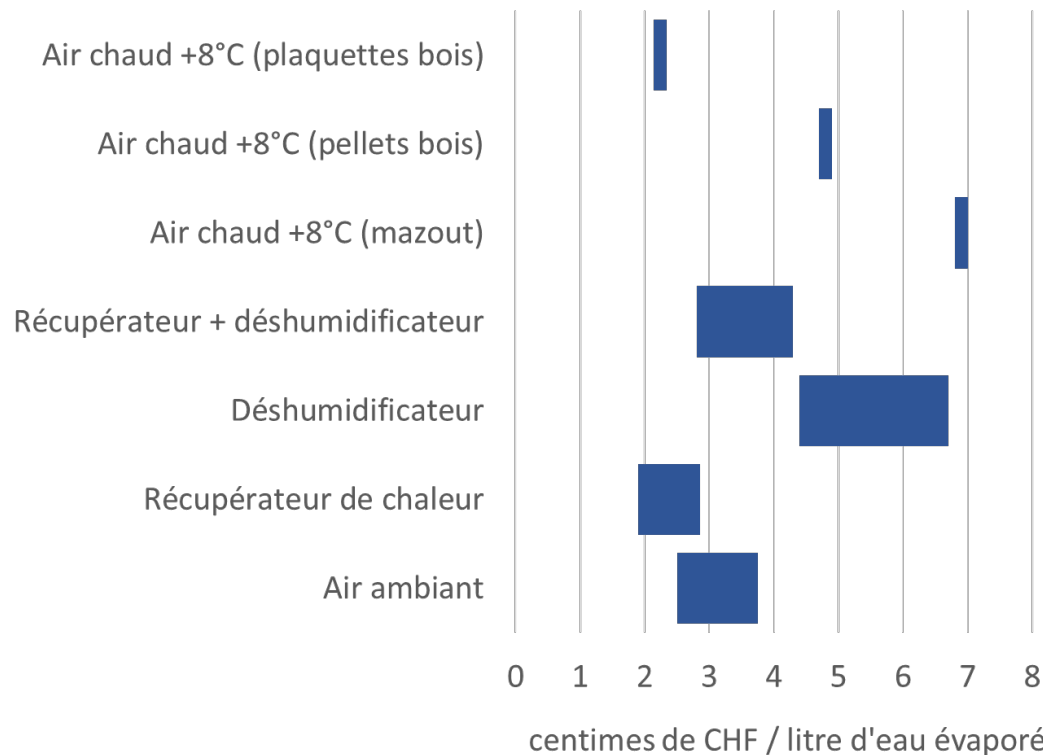


- > Récupérateur de chaleur sous toiture = imbattable
- > Déshumidificateur = le plus efficace en conditions humides

Adapté de Wirleiner dans "Heutrocknung, technische Grundlagen für die Bauplanung" öKL 2017

Coût de l'évaporation

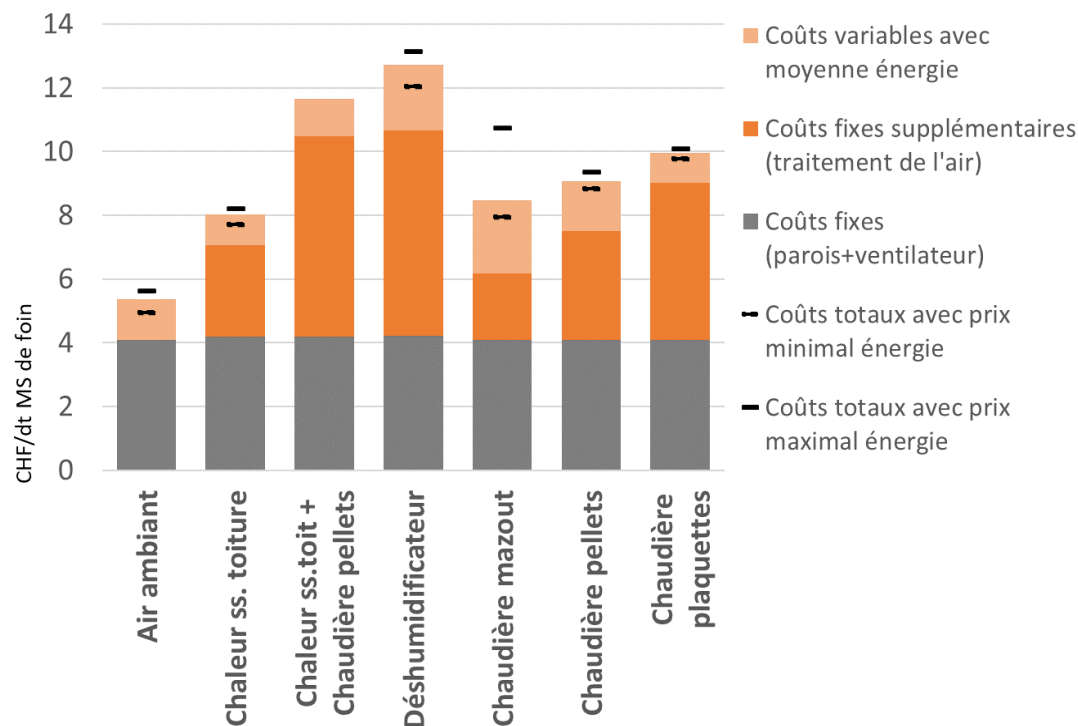
Prix de l'énergie * Efficacité énergétique



> Au final, le système à énergie solaire est le moins cher, mais nécessite un complément en cas de météo délicate

Coûts totaux des systèmes

Coûts fixes + variables



> Pour assurer un foin de qualité indépendamment de la météo, le solaire pourrait être complété par du bois

«Plan CLIMAT» du canton de Fribourg

Soutien aux récupérateurs de chaleur sous toiture ou sous photovoltaïques

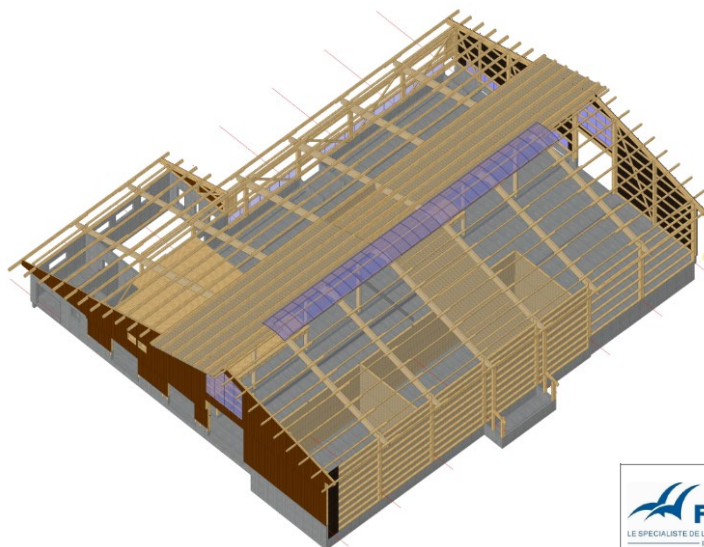
- > jusqu'à 5'000 CHF de soutien pour une nouvelle construction
- > Attribution selon conditions https://bdlf.fr.ch/app/fr/texts_of_law/821.40.56 ou https://bdlf.fr.ch/app/de/texts_of_law/821.40.56 (en allemand)



Récupération de chaleur sous toiture

La base dans tout projet de séchoir

- > Faux plafond en OSB de type 3 ou 4
- > +6 à +10°C ; Tôle > Photovoltaïque > Fibrociment > Tuile
- > 100 m² séchoir = ~300 m² capteur = équiv. 36'000 kWh par année = 3'600 l mazout
- > Entre 15'000 et 50'000 CHF
- > Conception des séchoirs parfois négligée : trop grandes surfaces de séchoir, forme inadaptée, évacuation de l'air,
- > Promotion de la part des architectes !



Récupération de chaleur sous toiture

- > Hauteur des pannes et largeur de toiture déterminantes pour assurer vitesse de l'air, perte de pression et débit au ventilateur
- > 2.75 m² de section d'aspiration pour un séchoir de 100 m² (si pannes de 0.22m de hauteur = 12.5 m de largeur nette de toiture)
- > Vitesse de l'air de 2 à 6m / sec
- > Perte de pression maximale = max 1.0 hPa sous la toiture



Récupération de chaleur sous toiture



Source photo : Matthias Kittl

Récupération de chaleur sous panneaux photovoltaïques

Intérêt élevé, mais aménagement souvent compliqué

- > Gain thermique entre tôle et fibrociment
- > Puissance récupérée = jusqu'à 5 fois plus de chaleur que d'électricité
- > Rendement des cellules PV amélioré grâce au refroidissement : +0.3 à +0.5% par degré)



Source photo : internet

Récupération sous panneaux photovoltaïques



Source : Lukas Waltert,
LBBZ Luzern



> Nombreuses façons
de faire

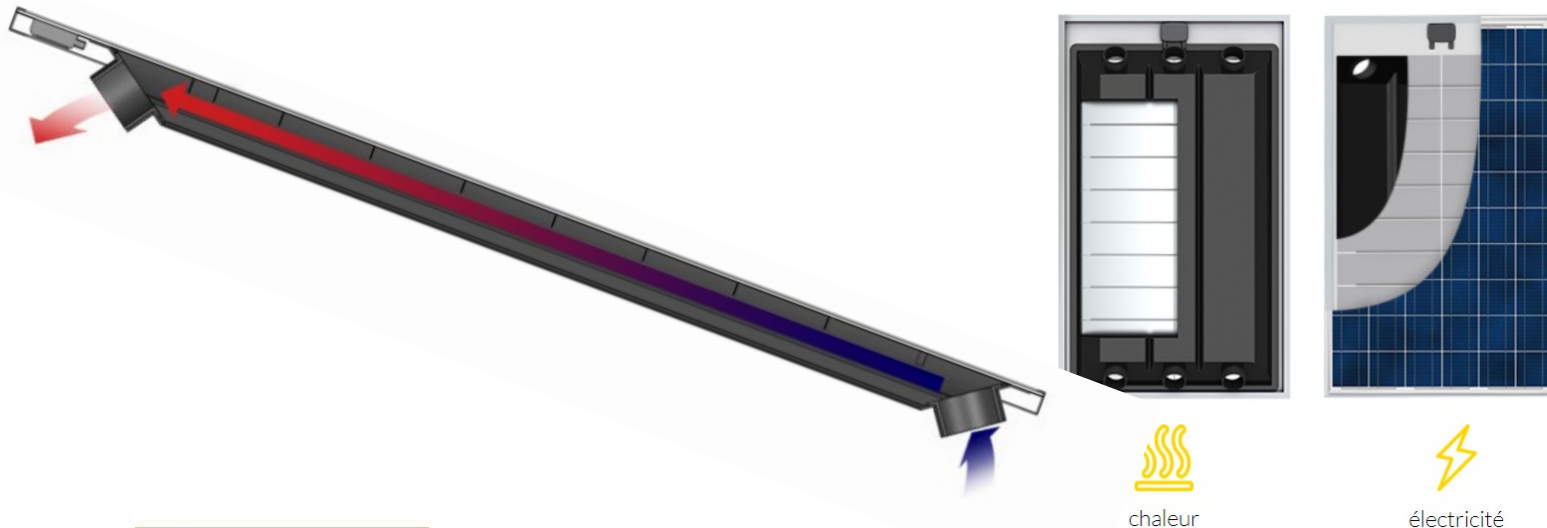


Source : Matthias Kittl,
Landwirtschaftskammer Salzburg

Récupération sous panneaux photovoltaïques

Systèmes intégrés

- > Panneaux photovoltaïques + caissons de récupération d'air intégrés:
www.cona.at et www.base-innovation.com
- > Astucieux, efficace, mais relativement coûteux

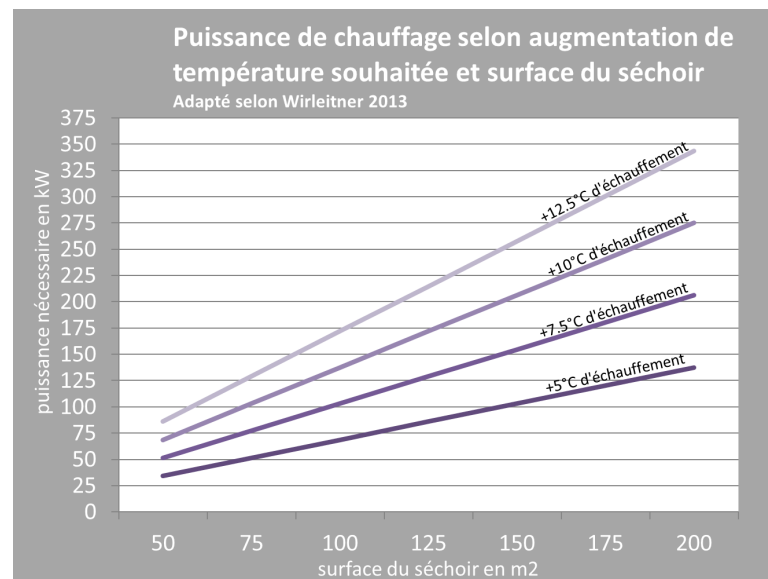


Source photo : www.base-innovation.com

Chaudière à mazout

Solution bon marché, mais pas durable

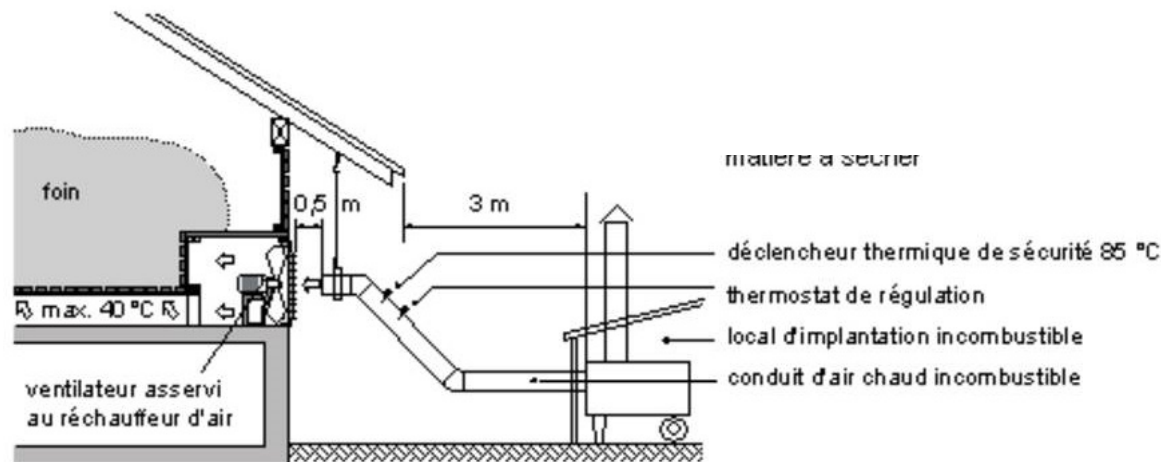
- > Dès 10'000 CHF
- > 12.5 kW pour +1°C et par tranche de 100m² de séchoir
- > Consommation ~12 litres / heure pour 100 kW



Chaudière à mazout

Prescriptions incendies / gaz d'échappement

- > Consulter les règlements ad hoc. Dans l'ensemble > 3m de distance de la toiture à l'équerre, pour la chaudière + cheminées.
- > Beaucoup d'installations non conformes !



Source : ECAB 2021 >Lien pour document : <https://services.vkg.ch/rest/public/georg/bs/publikation/documents/BSPUB-1394520214-123.pdf/content>

Chaudière à bois

Plaquettes

- > Source énergétique la moins chère
- > Manutention souvent nécessaire
- > Ex: Lasco 150 kW pour 2 cellules de 80 m², coût = 50'000 CHF (sans local technique) (source : cours Flawil 2020, Chr. Baumgartner)
- > Ex : 2.5m³ suffisent pour 10-12heures, à 25 CHF/m³ ou selon autre source = 0.3 m³/heure pour 160 kW



(Patrick Müller, Ernetswil, 2020)

Chaudière à bois

Pellets

- > Solution à 100 kW dès 10'000 CHF
- > Ou location estivale pour 2'500 CHF de 50 à 120 kW + 1'200 CHF pour 3 boxes à pellets de 3000 kg pellets
- > Très bon compromis entre mazout et plaquettes de bois



Gazéification de bois

—

Et production de chaleur

- > Module Spanner avec une puissance électrique de 9 à 49 kWé et une puissance thermique de 25 à 111 kWh.
- > Gazéification de bois : briquettes courtes, granulés, copeaux de rabotage, plaquettes forestières, broyat de palettes
- > Exemple Thomas Helfer



source photo : Spanner

Accumulation d'eau chaude

> 3 m³ de stockage d'eau par heure de ventilation et par tranche de 100kW de puissance

exemple 1 : séchoir demandant 150 kW de puissance avec inertie pour 12 heures = 54 m³ de stockage d'eau chaude

Ex2 : accumulateur d'eau chaude de 5 m³ tient 2 heures si puissance attendue de 100 kW (Matthias Kittl, Landwsh.Kammer Salzburg)



https://www.agrinova.qc.ca/wp-content/uploads/2016/09/Fiche_Sechage_foin_Agrinova_2oct2014.pdf

Chaleur de méthanisation

Exemples Seedorf / Porrentruy

- > Puissance disponible énorme
- > Séchage potentiel en container ou en séchoir classique



Chaleur de génératrice

-
- > Production d'électricité et récupération de la chaleur
- > Chaleur directe
- > Solution si ampérage insuffisant



source photo : internet



Autres accumulations de chaleur

Béton

> Chauffage du sol béton avec gaines enterrées = accumulation de chaleur dans le béton

2 m³ béton stockent autant d'énergie que 1 m³ d'eau (source öKL, Wien 2017)

> Refroidissement de l'air de 1° par tranche de 10m de béton

Gravier

> 30-45 mm de diamètre

> 11.4 m³ de gravier = volume nécessaire pour chaque heure et par tranche de 100kW de puissance

exemple : séchoir demandant 150 kW de puissance avec inertie pour 12 heures = 205 m³ de gravier

Déshumidificateur

Diminution de l'humidité absolue

- > Assèchement + échauffement de l'air de +1 à + 8°C
- > Puissance_ventilateur/puissance_déshumidificateur = 1/1 à 1/2
- > Coûts : 50'000 à 100'000 CHF



Déshumidificateur

Créer un circuit fermé

- > Plus l'air est humide, plus le déshumidificateur est efficace
- > Vitesse de l'air dans le condenseur à ~ 2 m/sec
- > Moins performant si températures < 10 degrés ou si air < 40 H.rel.
- > Entretien régulier (filtres)



Les points d'achoppement dans le traitement de l'air

- > Déshumidificateur = technologie efficace, mais coûteuse et complexe
- > Récupérateur de chaleur = base ! Intérêt parfois négligé
- > Bois = énergie d'avenir pour compléter la chaleur solaire
- > Récupérateur sous photovoltaïques : parfois compliqué à concevoir (manque d'enthousiasme des concepteurs et du monde photovoltaïque ?) À l'avenir clé en main ?
- > Prise de conscience de tous : qualité de la conservation = indépendance en protéines !

Et n'oubliez pas de visiter les visioconférences de l'hiver dernier : voir sous <https://www.grangeneuve-conseil.ch/index.php/fr/2-uncategorised/438-capsules-formation-continue-en-agriculture>

À disposition si questions ou remarques