

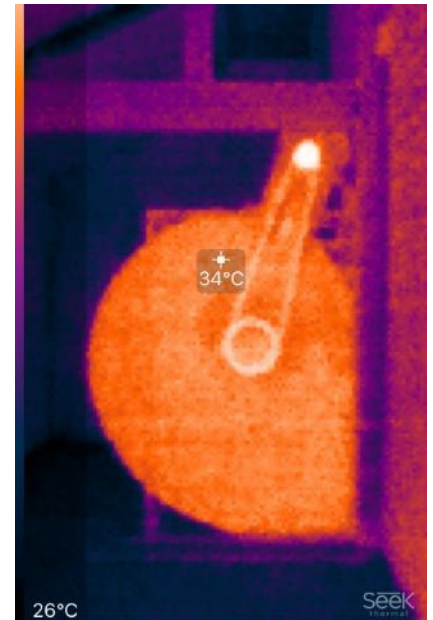
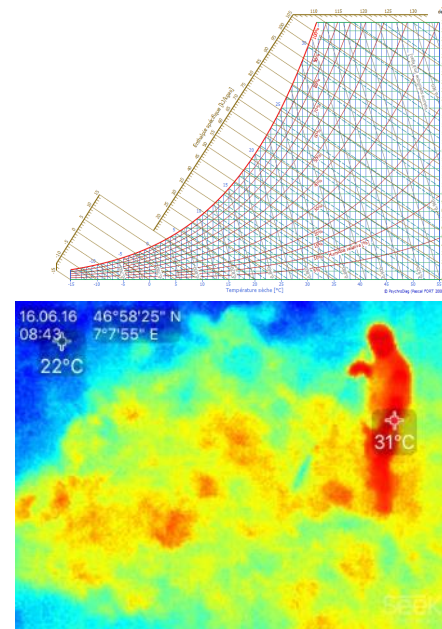
Repères sur le séchage du foin en grange

Partie 4. Moment opportun de ventilation

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 2024

Direction des institutions, de l'agriculture et des forêts **DIAF**
Direktion der Institutionen und der Land- und Forstwirtschaft **ILFD**

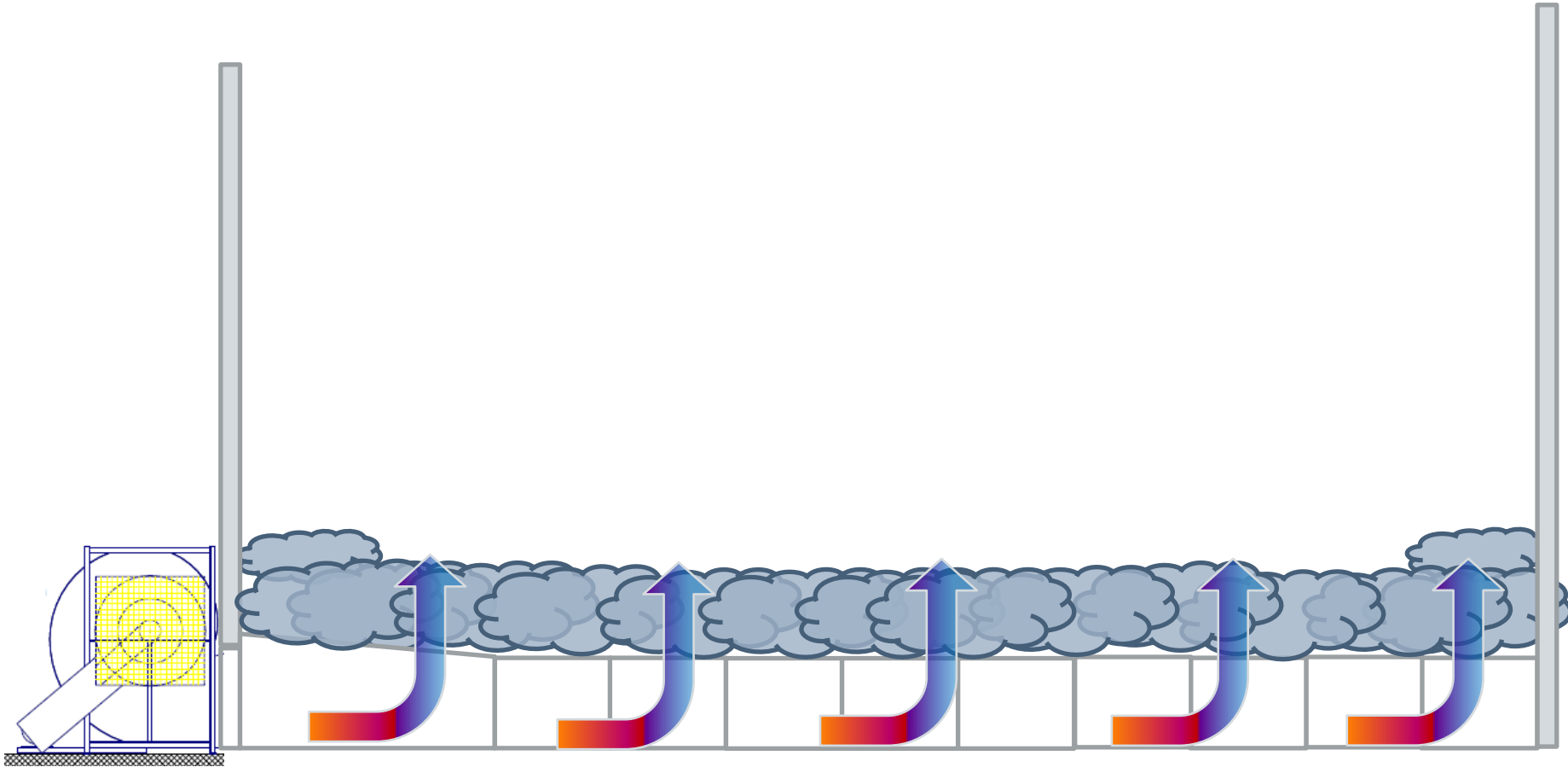


Quand ventiler ?

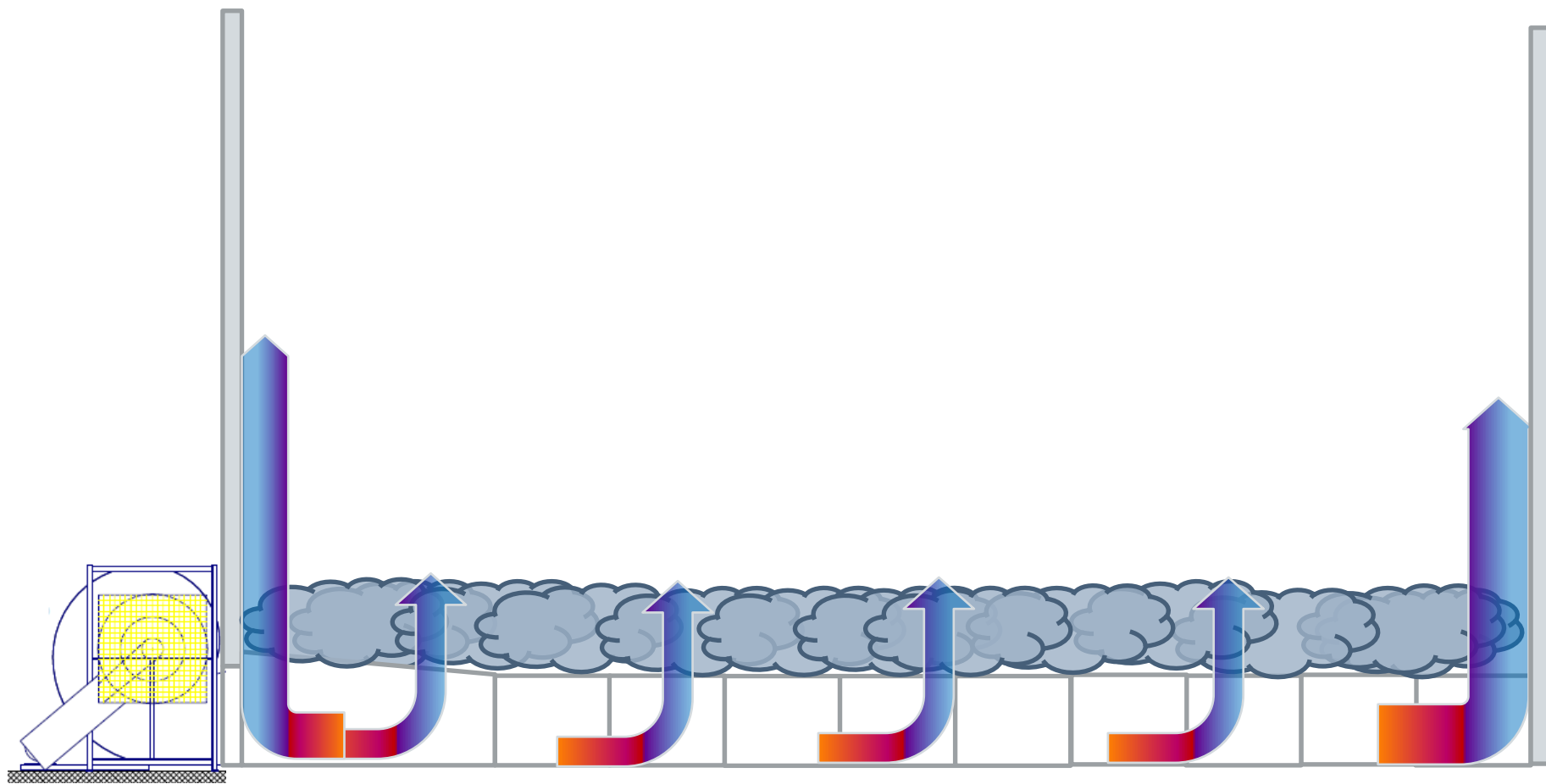
- > À l'engrangement = ventiler 24 heures non-stop, même s'il pleut
= ***gros volume d'air***
- > Plus le foin est sec, plus il faut de l'air sec
viser < 50% humidité relative en fin de séchage
= ***qualité de l'air***
- > Si air très humide, ventiler au moins 5 x ½ heure par 24h
- > Dès que le foin est considéré comme sec, ventiler le lendemain pendant ½ h pendant les heures les plus chaudes
air sortant <50% humidité relative et sans odeurs particulières

Engranger n'est pas ensiler

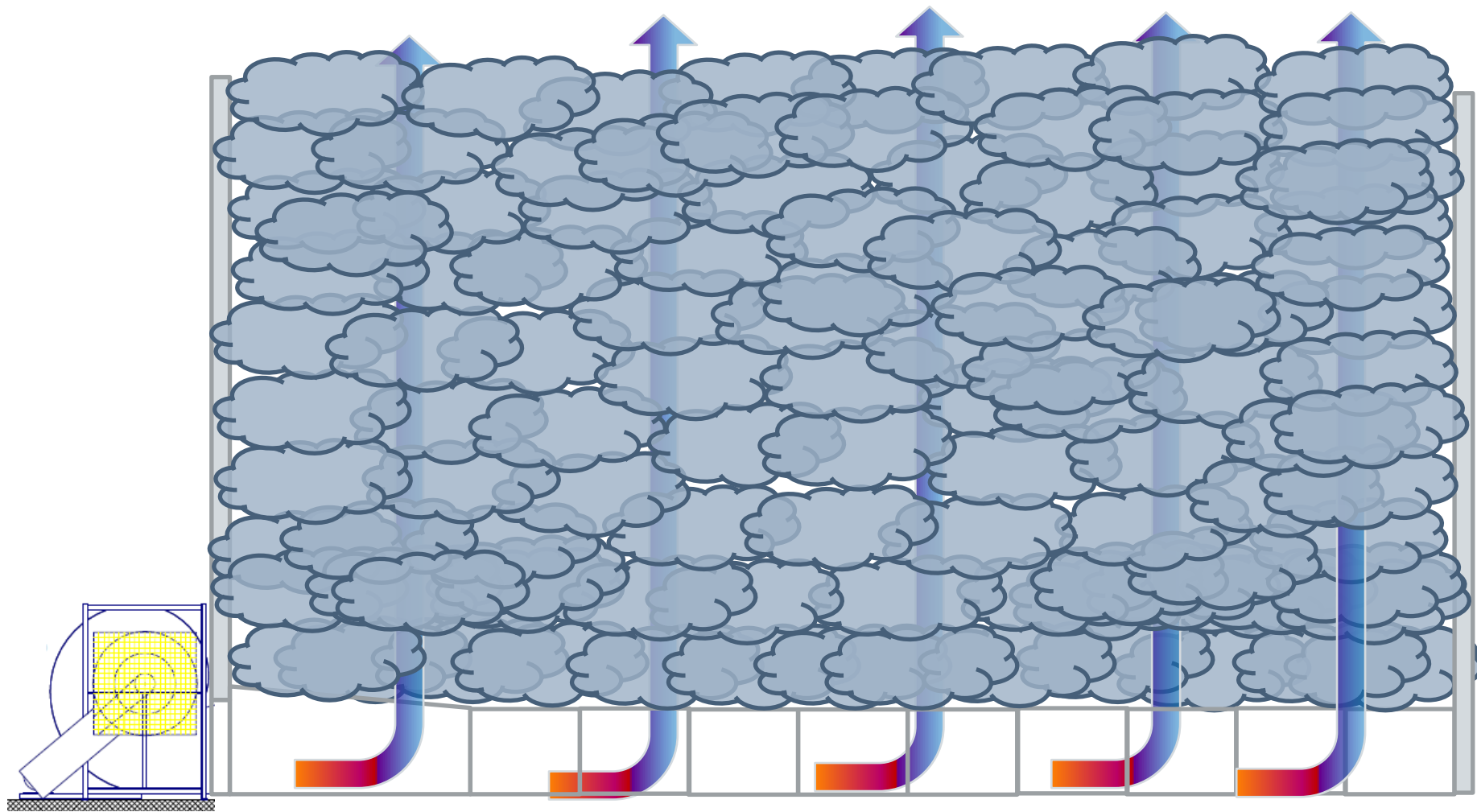
La charge doit être répartie en couches fines et régulières pour une pression régulière



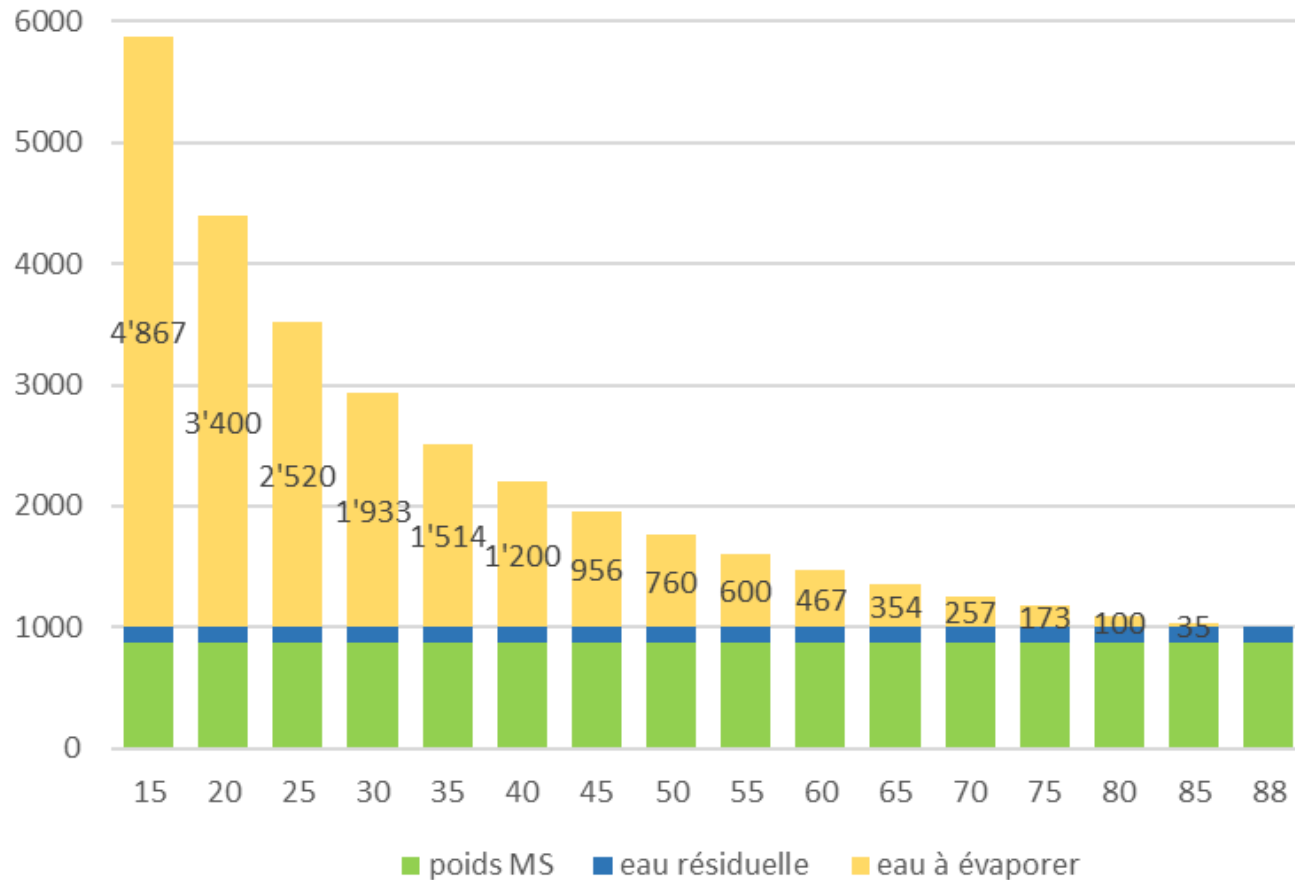
Appuyer le long des parois, car c'est généralement là que l'air s'échappe prioritairement



Lorsque le séchoir est plein, l'air doit toujours pouvoir sortir régulièrement à travers le tas



Pour 1 tonne de foin, il faut évaporer 467 litres d'eau, si fourrage rentré à 60% MS



Mesurer l'humidité relative de l'air

—
La capacité de séchage est surtout liée à l'humidité relative de l'air, puis à la température



Mesurer l'humidité relative de l'air

Hygromètres de toutes sortes, à étalonner



PEARL
Toujours au meilleur prix innovant depuis 1989

Prix conseillé : 59,95CHF

29,95CHF -50 %

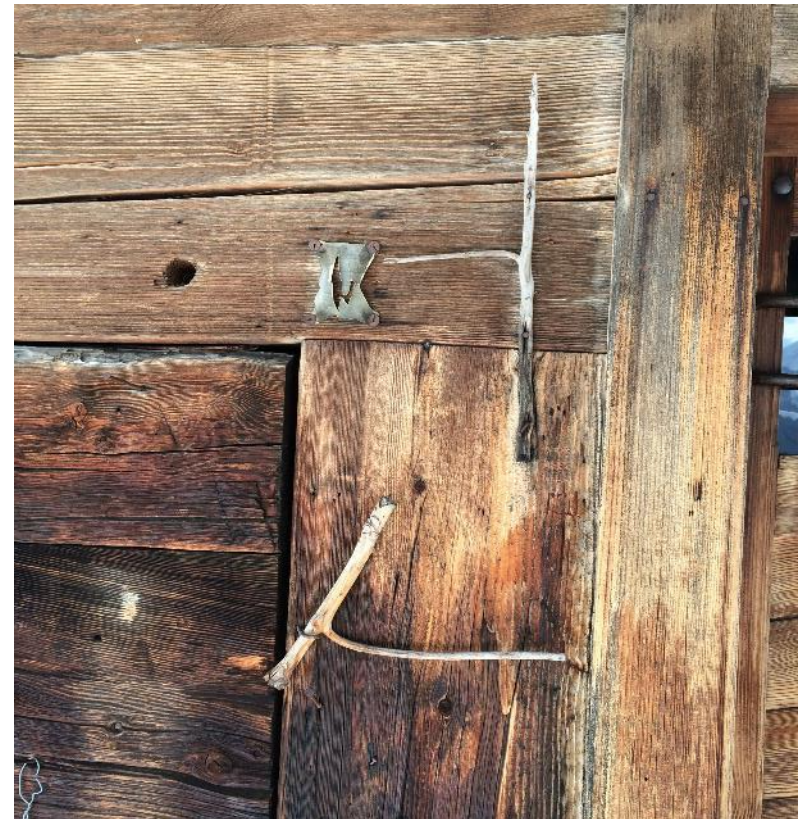
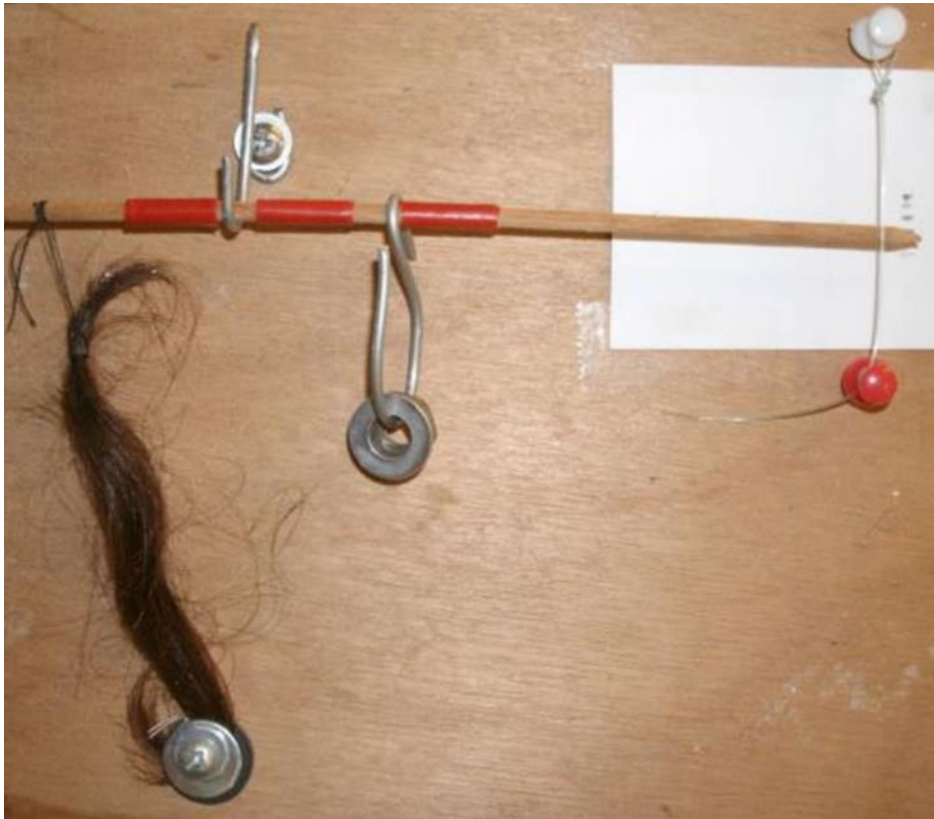


> Le mieux = mini station météo avec 2 sondes

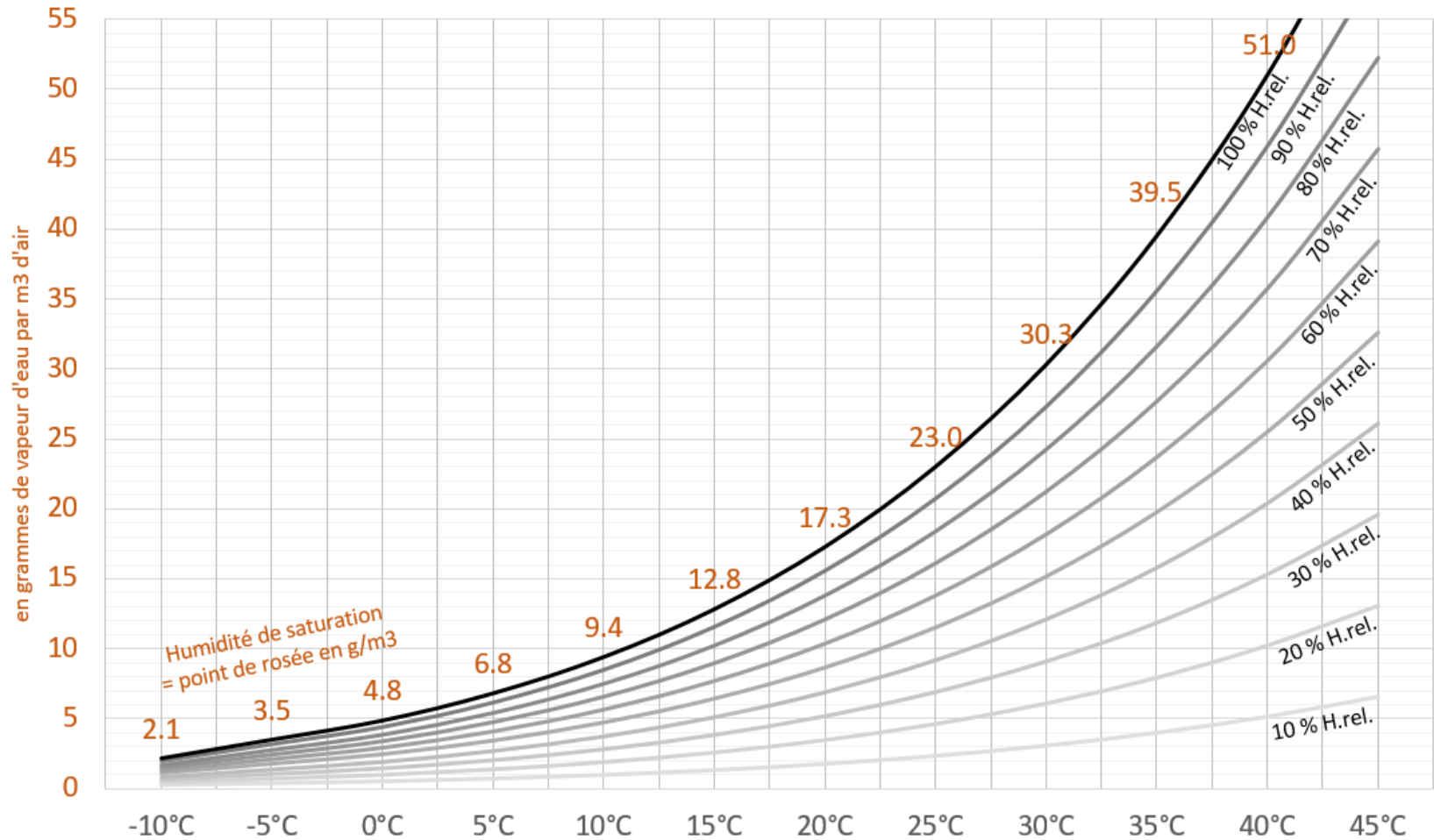
www.leparisien.fr/essonne-91

Mesurer l'humidité relative de l'air

—
Les objets naturels réagissent à l'humidité relative

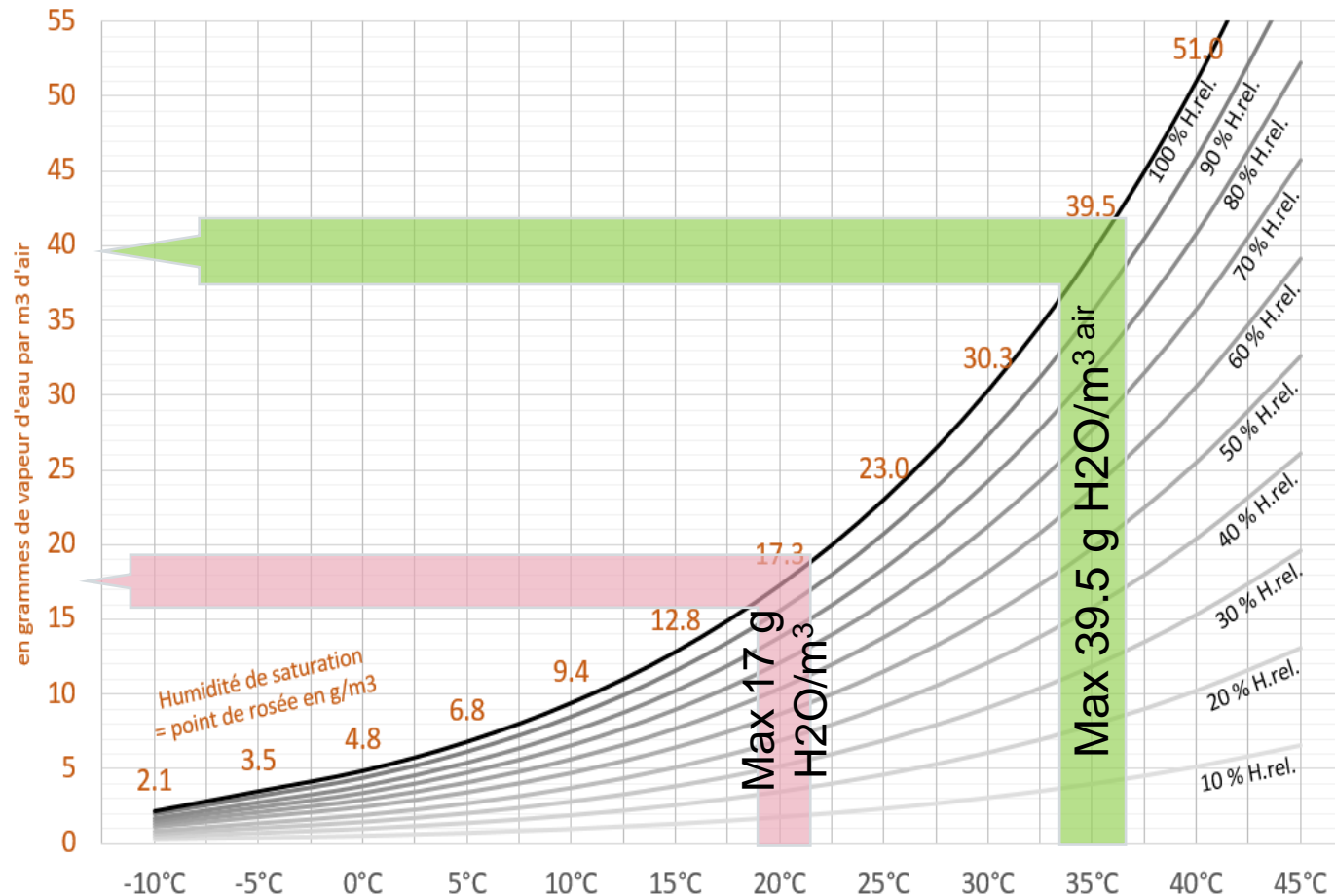


Mesurer l'humidité relative de l'air



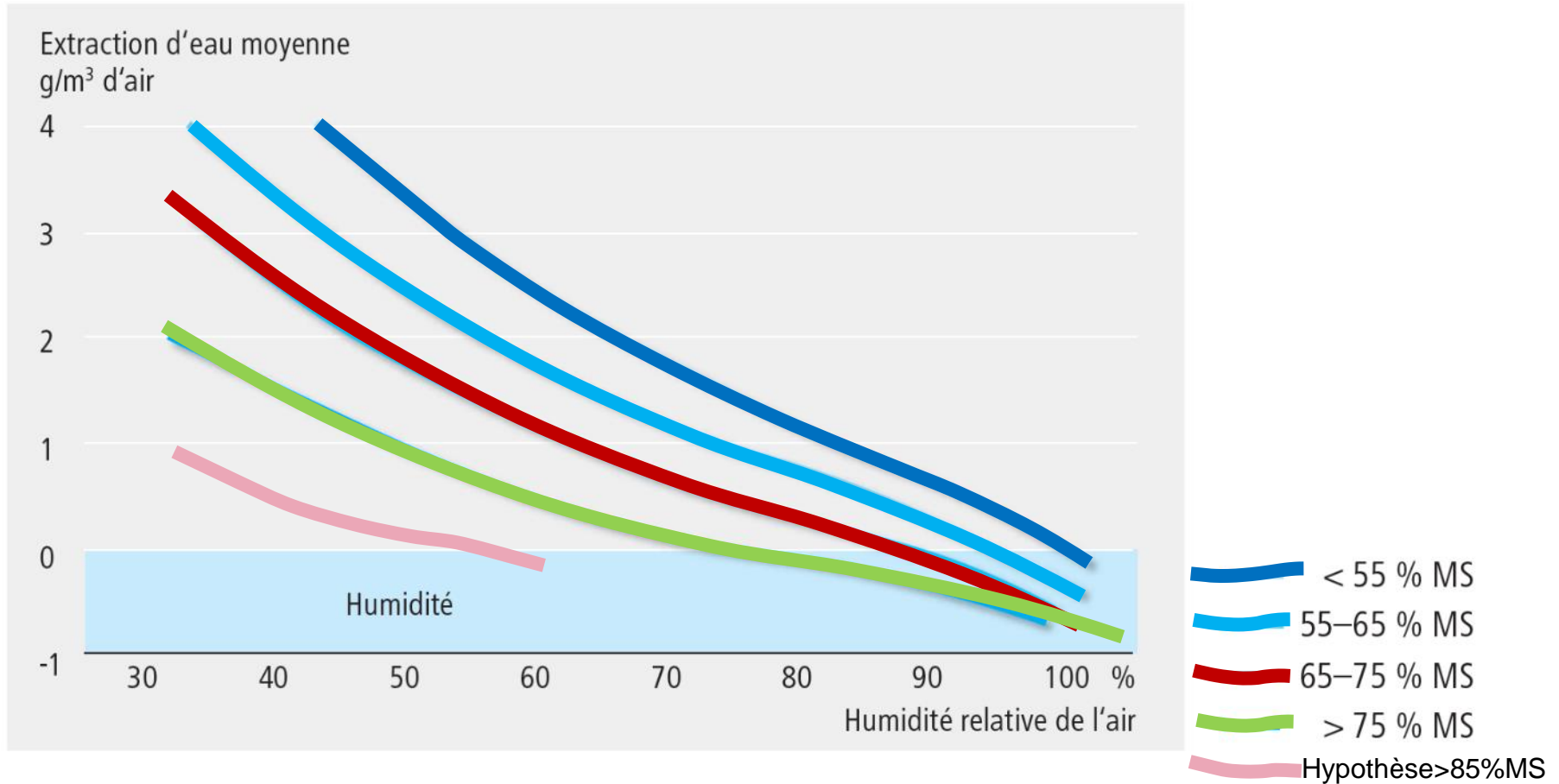
Mesurer l'humidité relative de l'air

Capacité de l'air à se charger en eau selon température

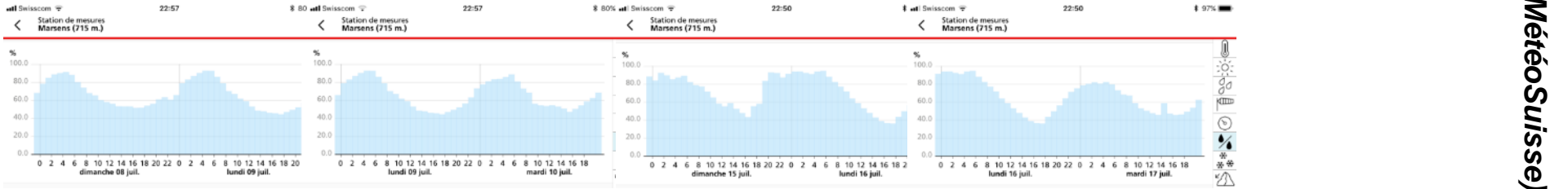
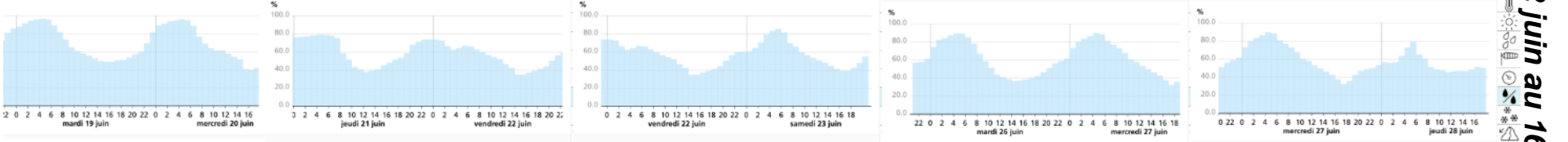
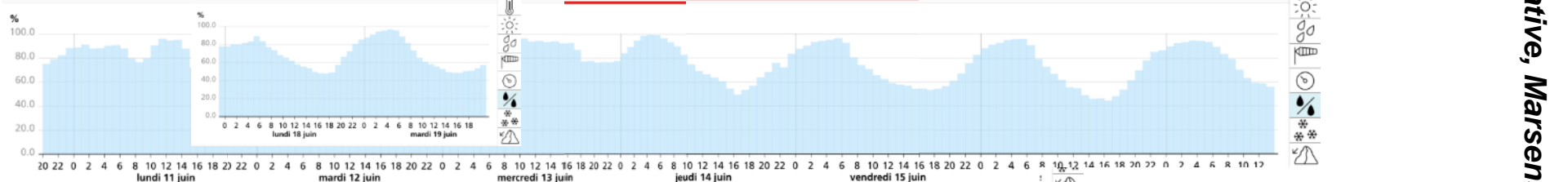
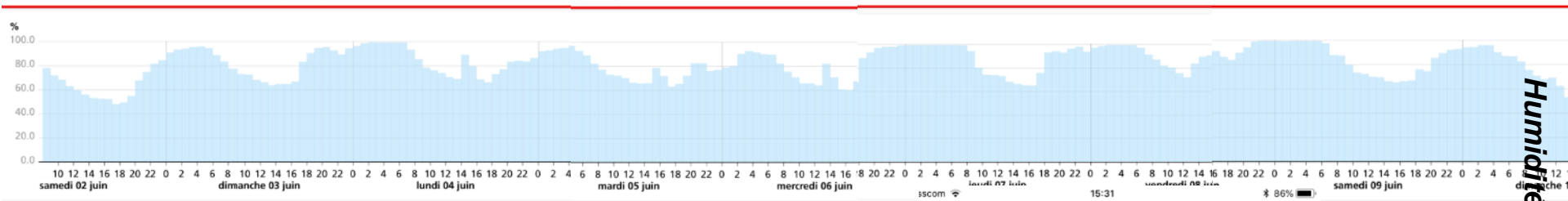


Ventiler selon humidité relative et état du foin

En finition de séchage, ne ventiler que si < 50% H.rel.



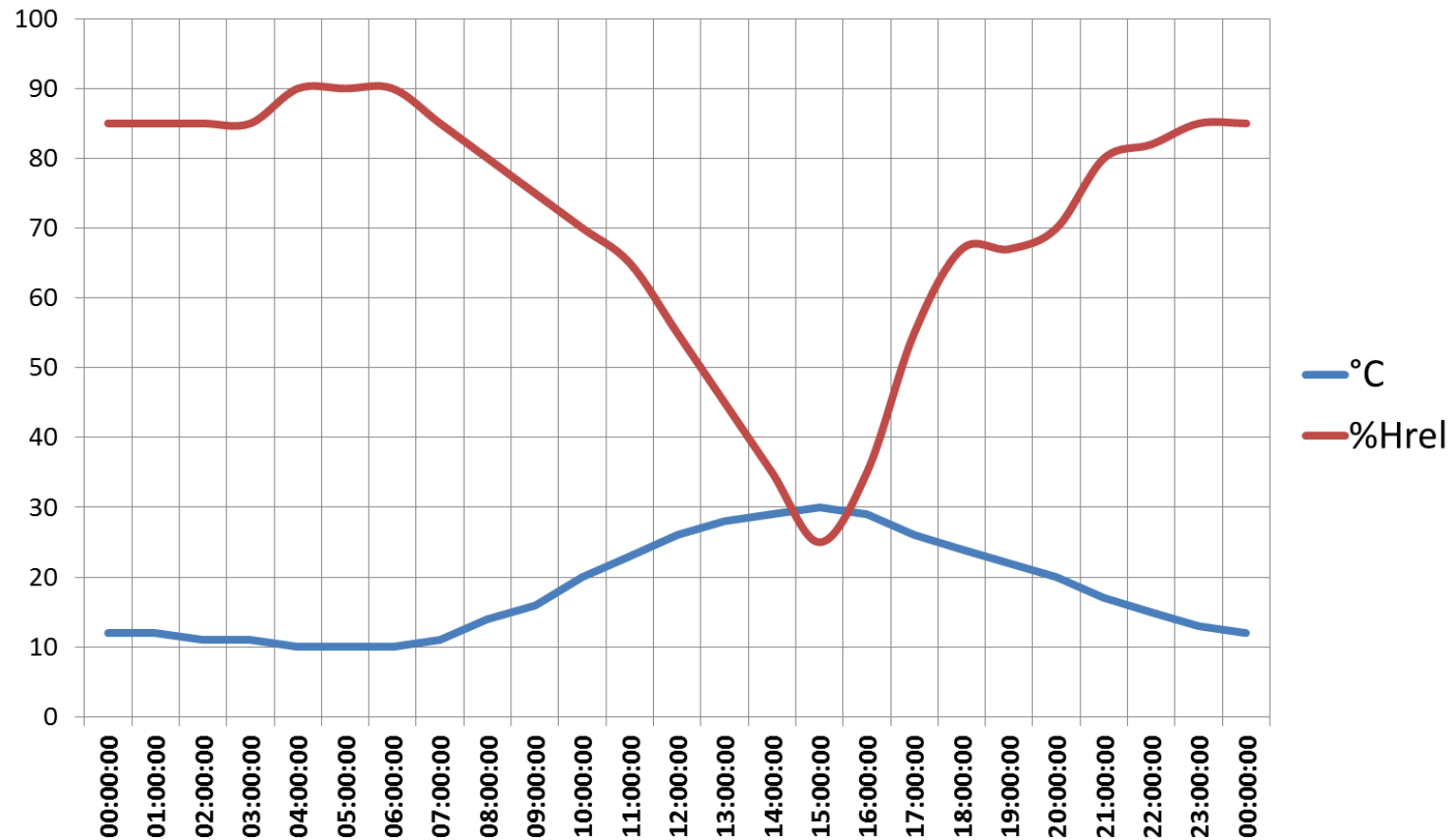
Source : LMZ-édition / A6.6 Assurer la qualité de la récolte et sa conservation



Humidité relative, Marsens, 2 juin au 16 juillet 2018 (MétéoSuisse)

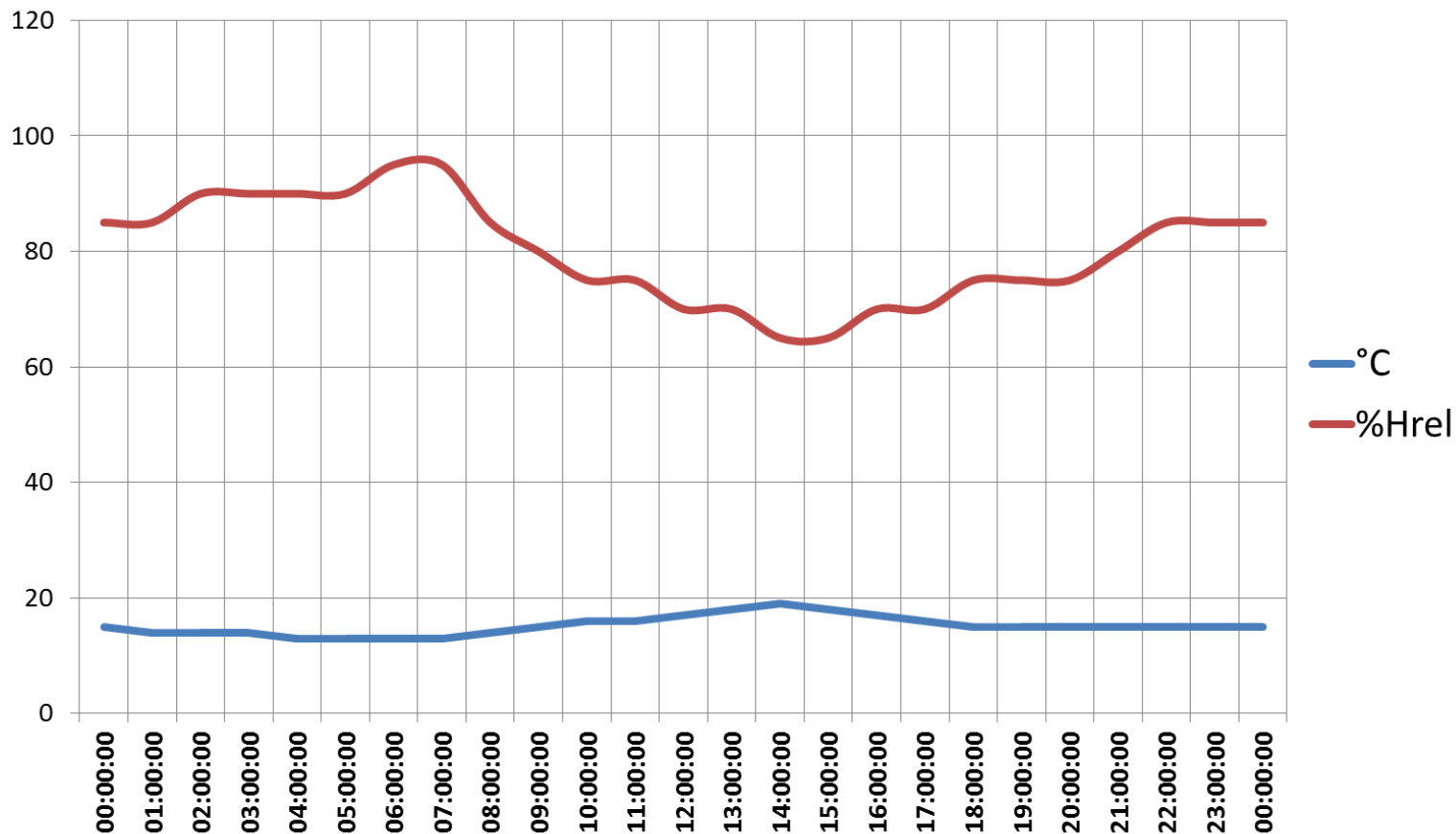
Ventiler selon humidité relative et état du foin

Exemple : quand ventiler si foin humide ou en finition ?

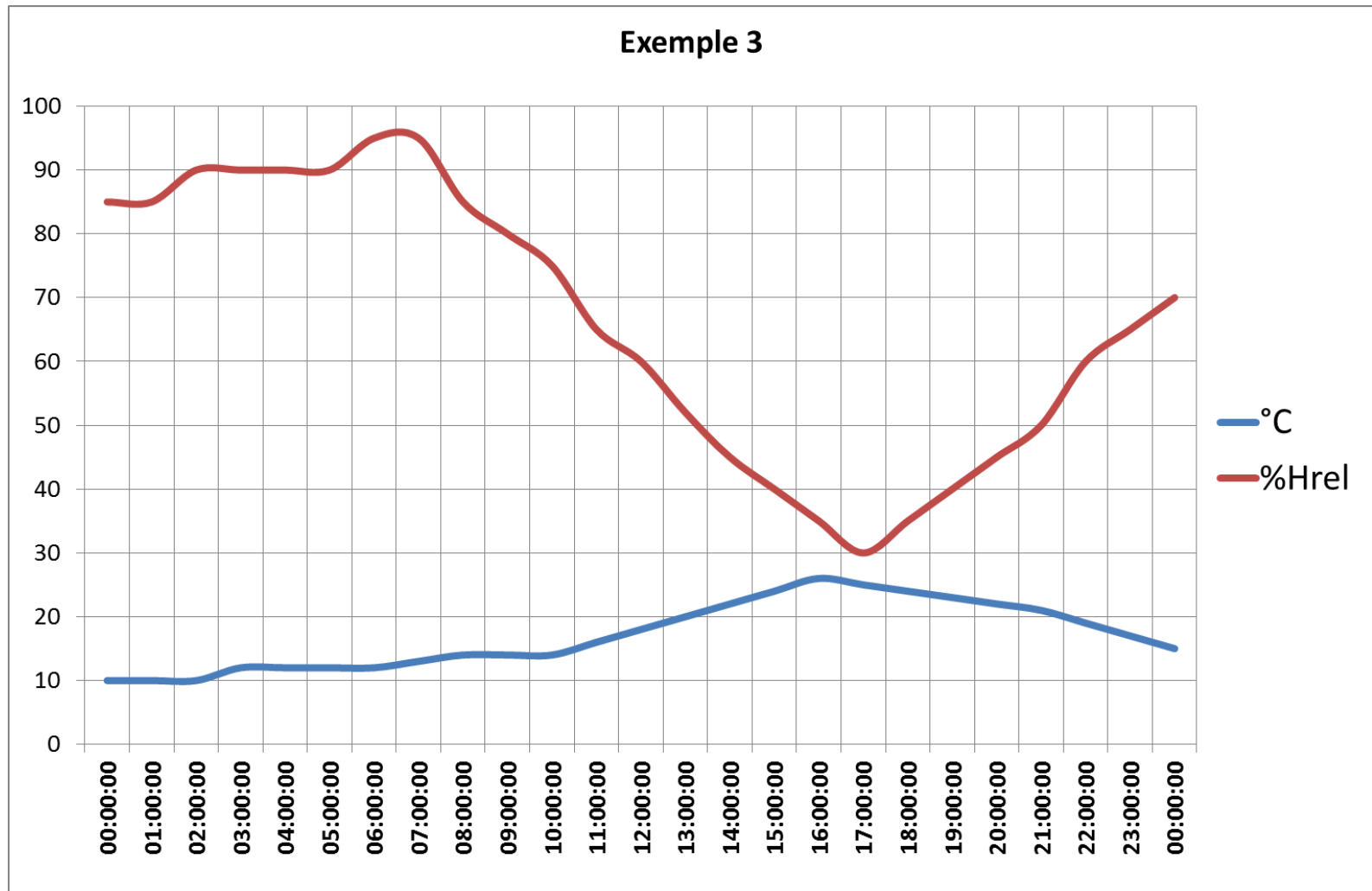


Ventiler selon humidité relative et état du foin

Exemple 2



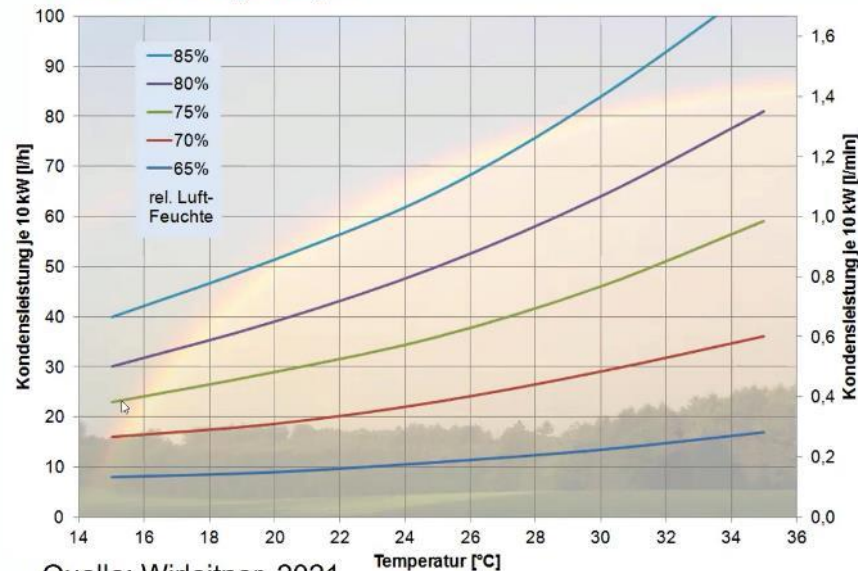
Ventiler selon humidité relative et état du foin



Ventiler avec un déshumidificateur

- > En cas de températures basses, réduire la puissance du ventilateur par rapport au déshumidificateur
- > Déshumidification difficile par basse température (<12° C)
- > Ralentir le débit du ventilateur (= mal nécessaire)

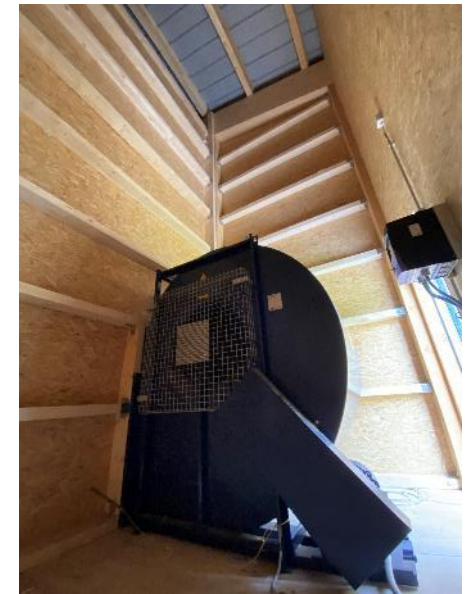
Die Kondensleistung von Luftentfeuchtern ist stark von Temperatur und Luftfeuchtigkeit abhängig. Im Diagramm sind die Werte für je 10 kW Verdichterleistung bezogen!



Quelle: Wirleitner, 2021

S'équiper de sondes

- > Refroidir le fourrage si pas de séchage, à petit débit
- > Possibilités d'économie d'électricité
- > Attention à l'emplacement des sondes !
- > Contrôler ce que décide une sonde



www.heutrocknung.com

S'équiper de sondes (sur le séchoir)



Contrôler la ventilation

La température

La pression de l'air sous le séchoir

L'humidité relative de l'air sortant

La vitesse de l'air

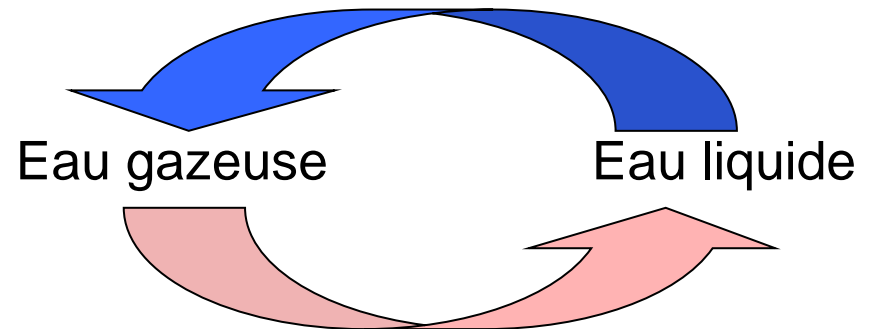
La teneur en eau du fourrage

L'odeur, la vue, le toucher

Mesurer les températures

- > Si + froid sur le tas qu'à l'entrée du ventilateur = évaporation
- > Si + chaud sur le tas = condensation ou échauffement par fermentation

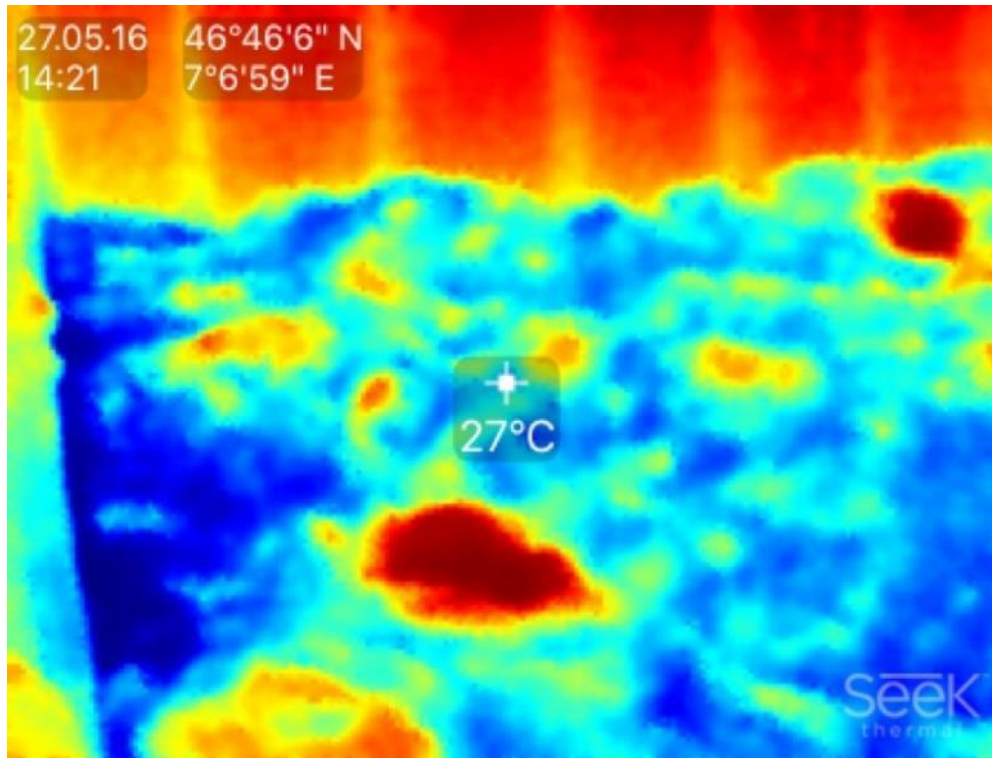
Absorbe de la chaleur = « dégage » du froid



Dégage de la chaleur

S'équiper d'une caméra thermique

—
Équipement (quasi) indispensable



S'équiper d'une caméra thermique

- > Les modèles simples sont suffisants
- > Dès 350 CHF (~300 euros)
- > Résolution 200 x 150 pixels = compromis
- > Angle de vision plutôt étroit (25° plutôt que 35°)



S'équiper d'une caméra thermique



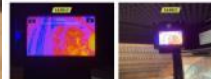
CHF 215.85 ~200 euros



CHF 347.95



CHF 954.95



EUR 2.990,--
exkl. 20 % MwSt.

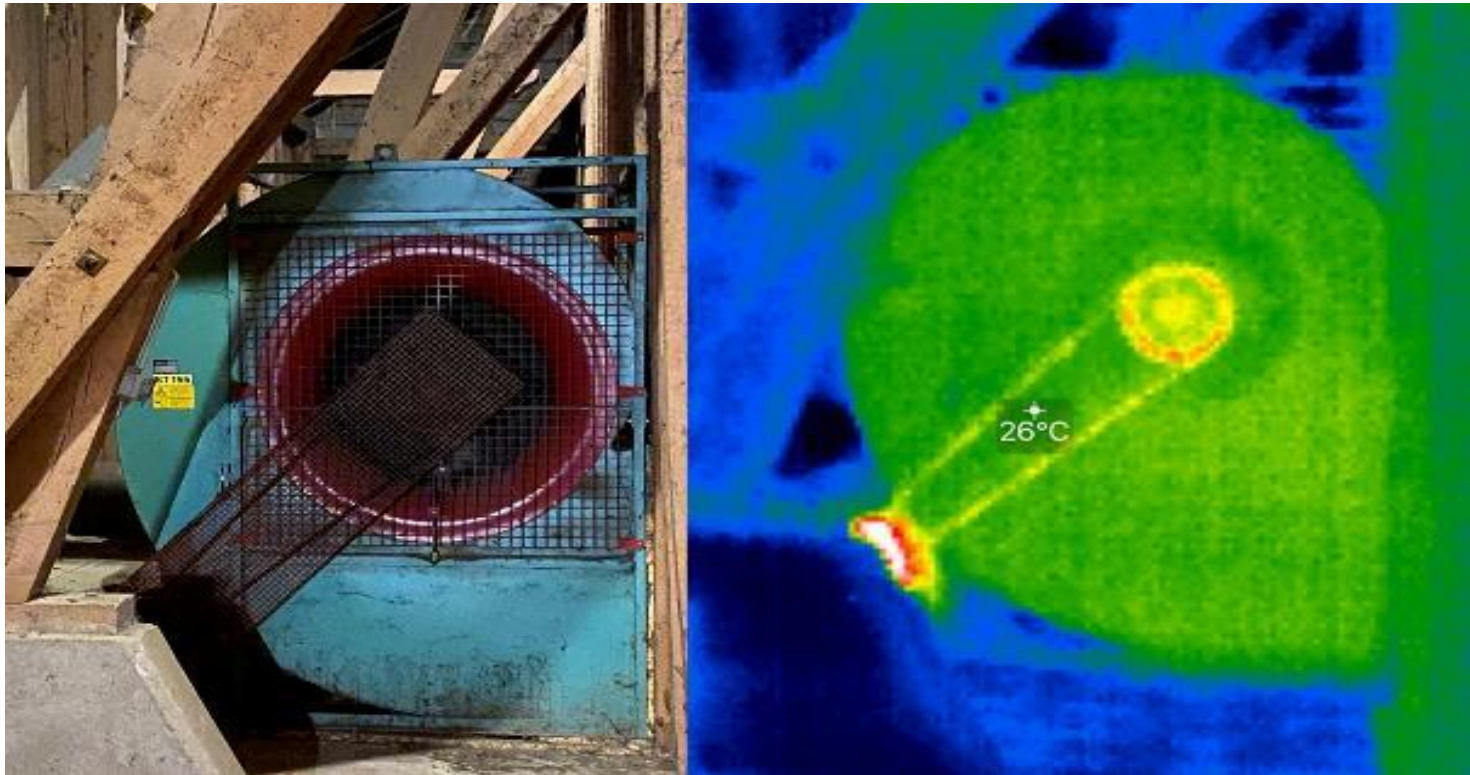
Lasco Wärmebildkamera für den Heukran



CHF 20'461.95

Mesurer les températures

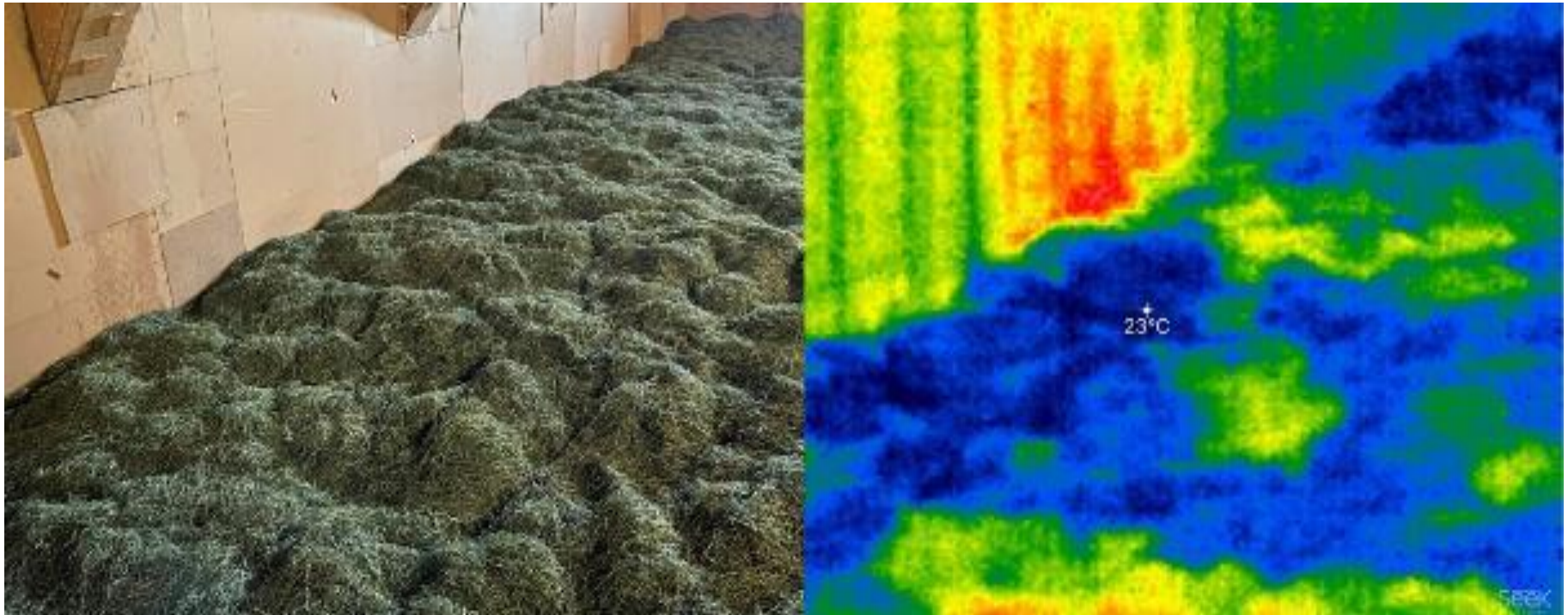
1. Mesurer l'air entrant dans le ventilateur



Exemple : l'air entrant dans le ventilateur est à 26°C dans cette situation

Mesurer les températures

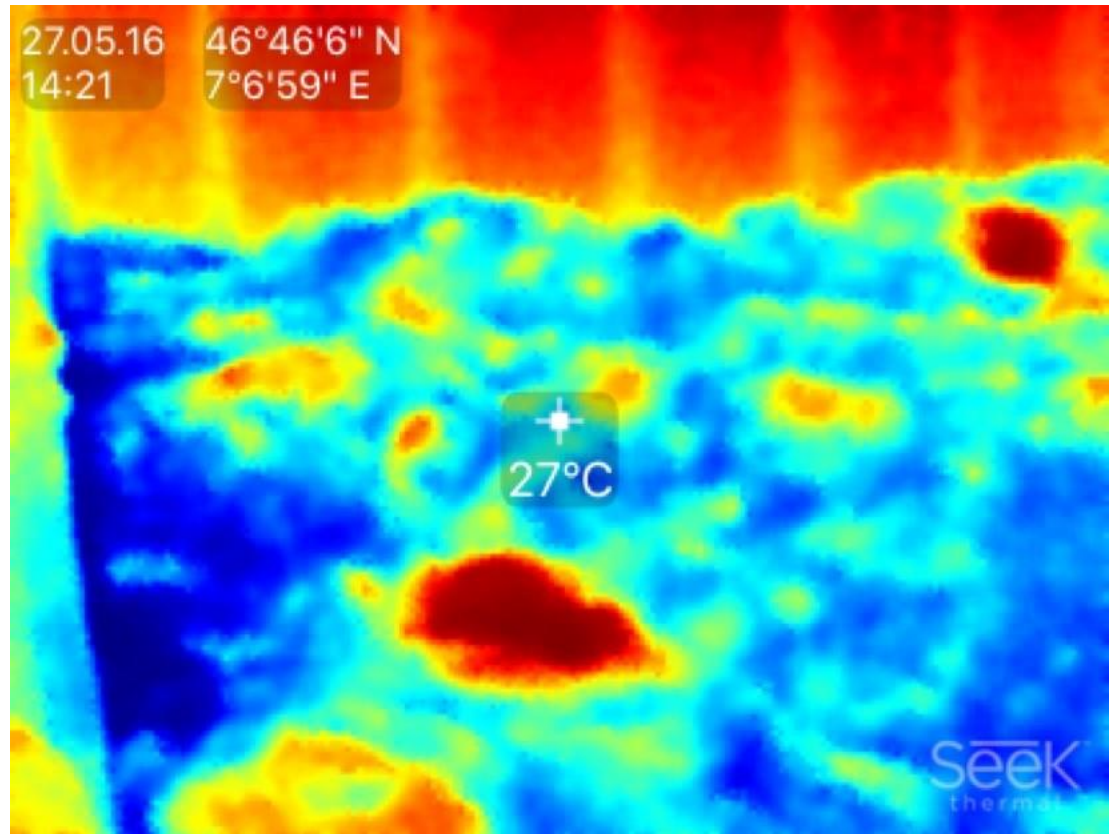
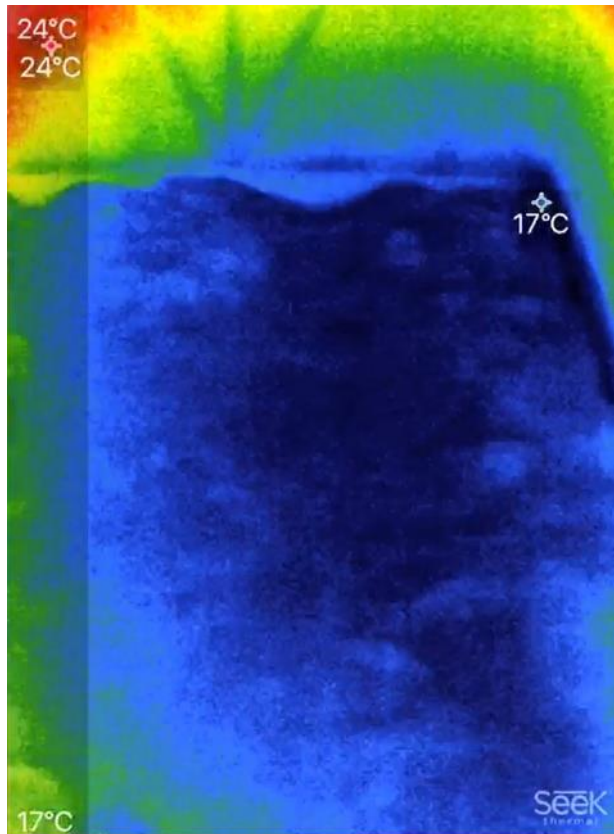
2. Mesurer l'air au-dessus du séchoir



Exemple : l'air sortant est à 23°C, soit plus frais que l'air entrant = séchage

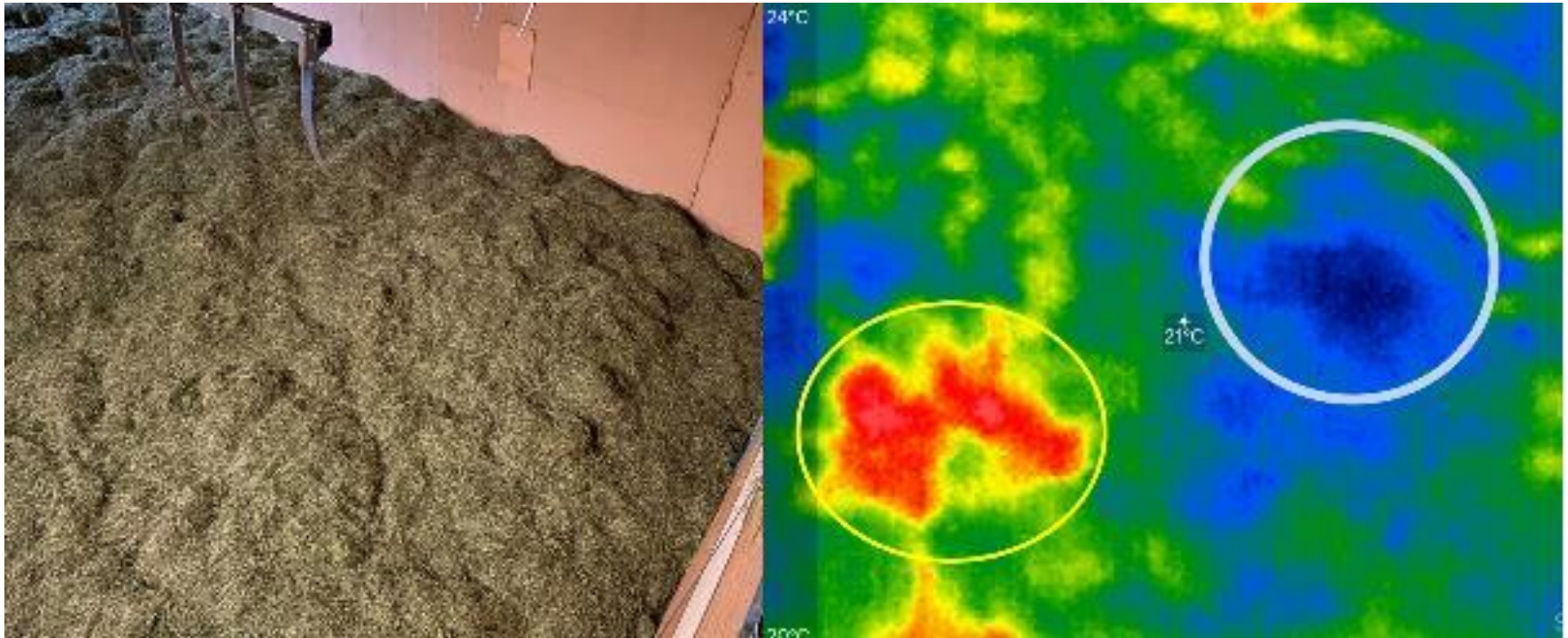
Mesurer les températures

—
L'air plus frais signale le séchage du foin = évaporation



Mesurer les températures

3. Repérer les paquets chauds, et les cheminées

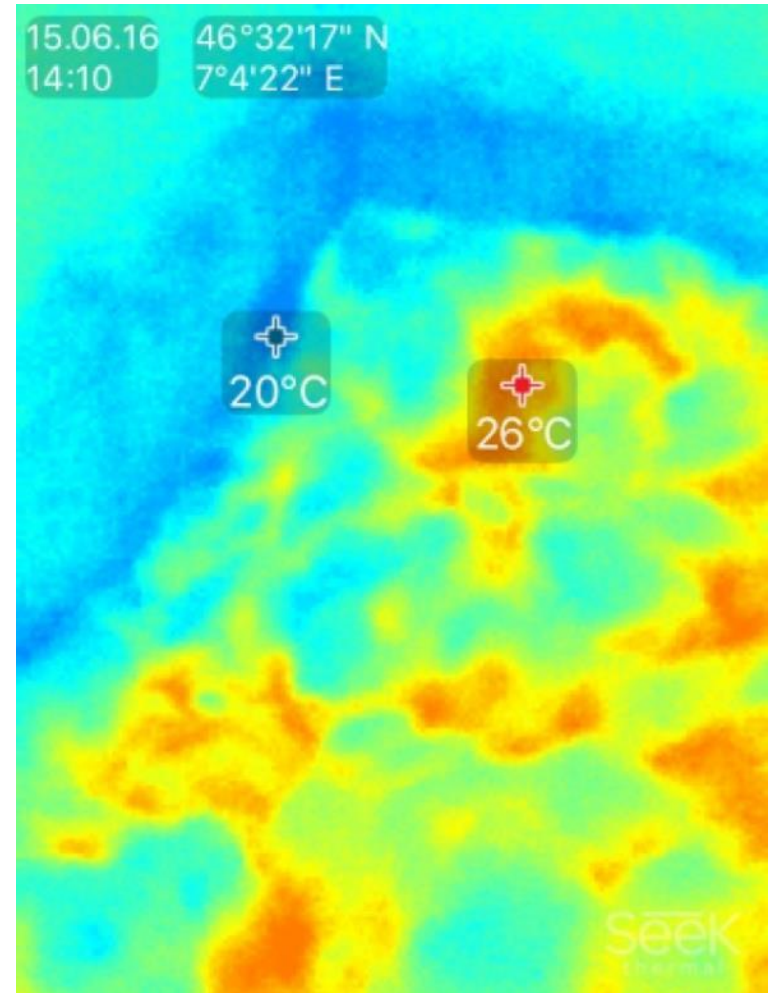


Ex: cercle jaune = échauffement ! Cercle bleu = air froid = cheminée !

Mesurer les températures

L'air frais le long des parois indiquent des pertes

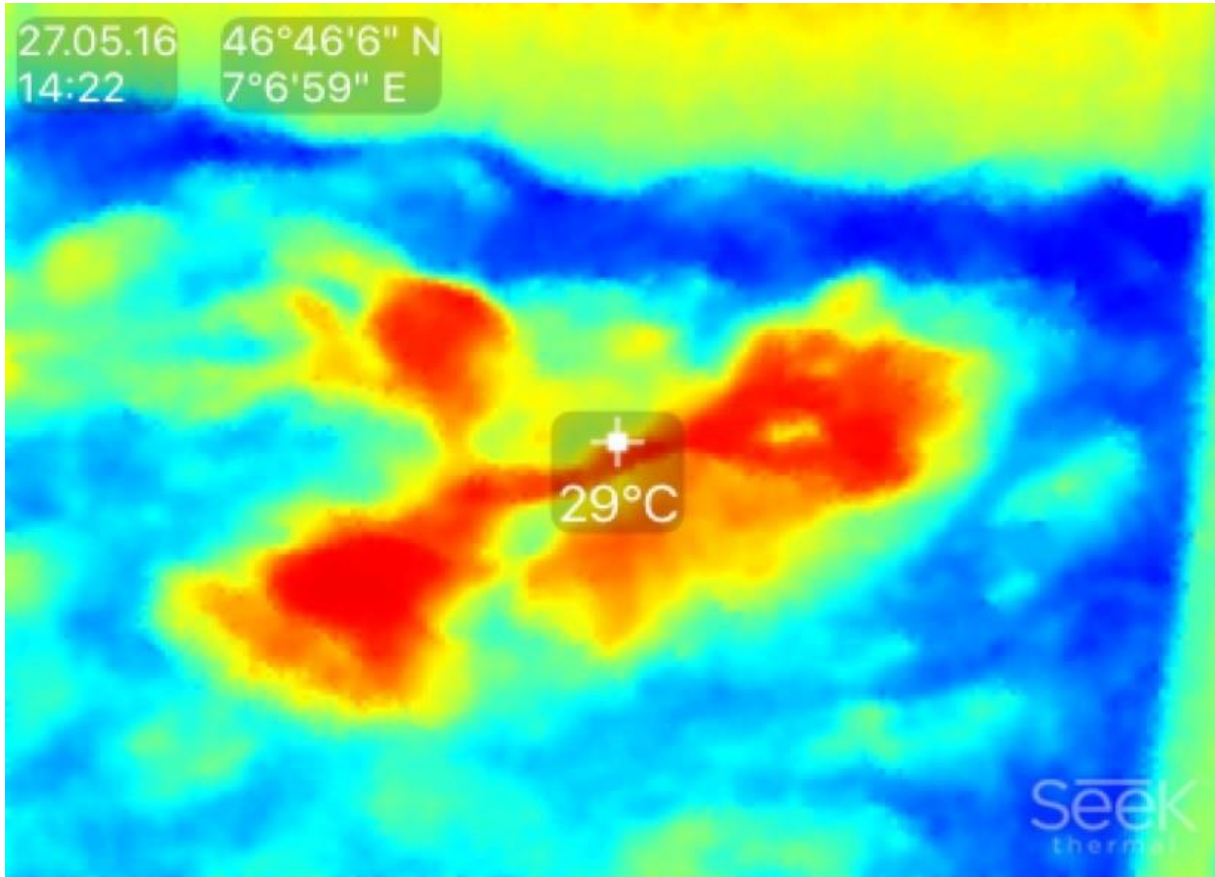
> Un point faible fréquent



MKSJ0463.mp4

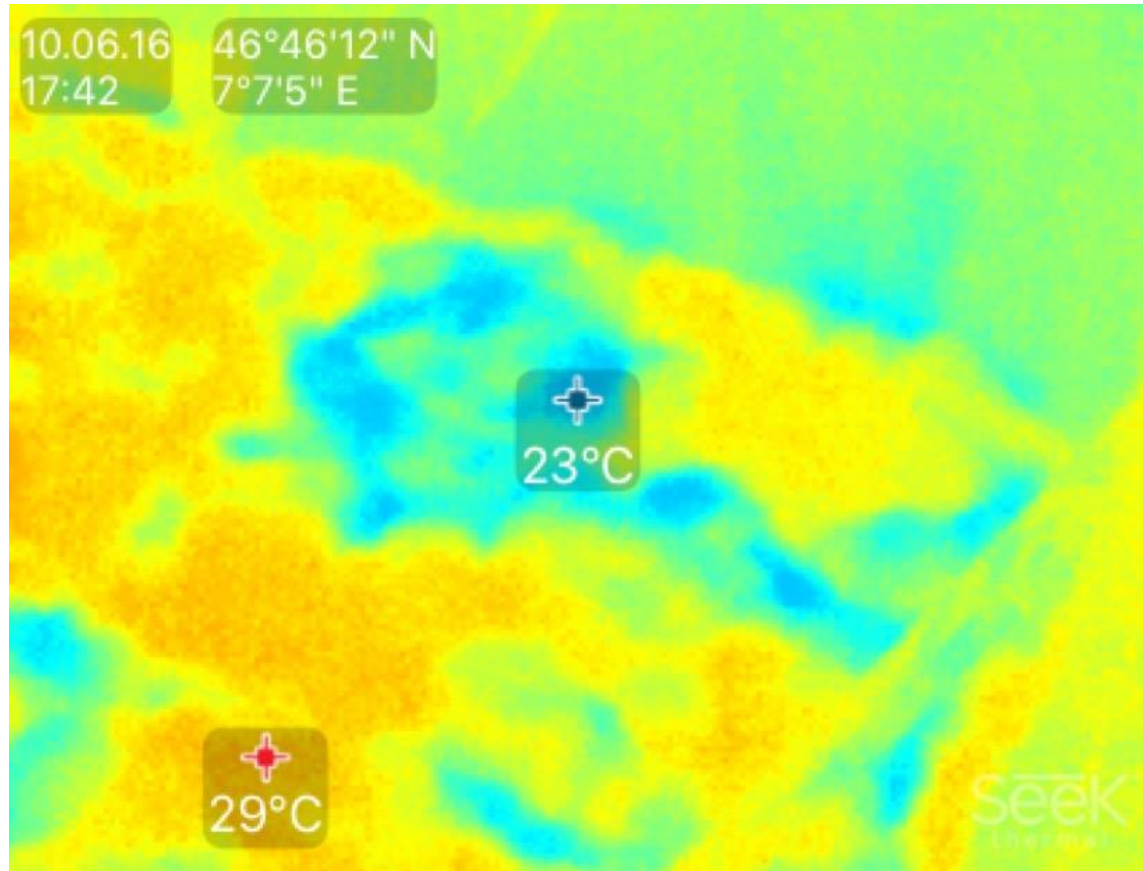
Mesurer les températures

—
Les foyers en fermentation doivent être repris à la griffe



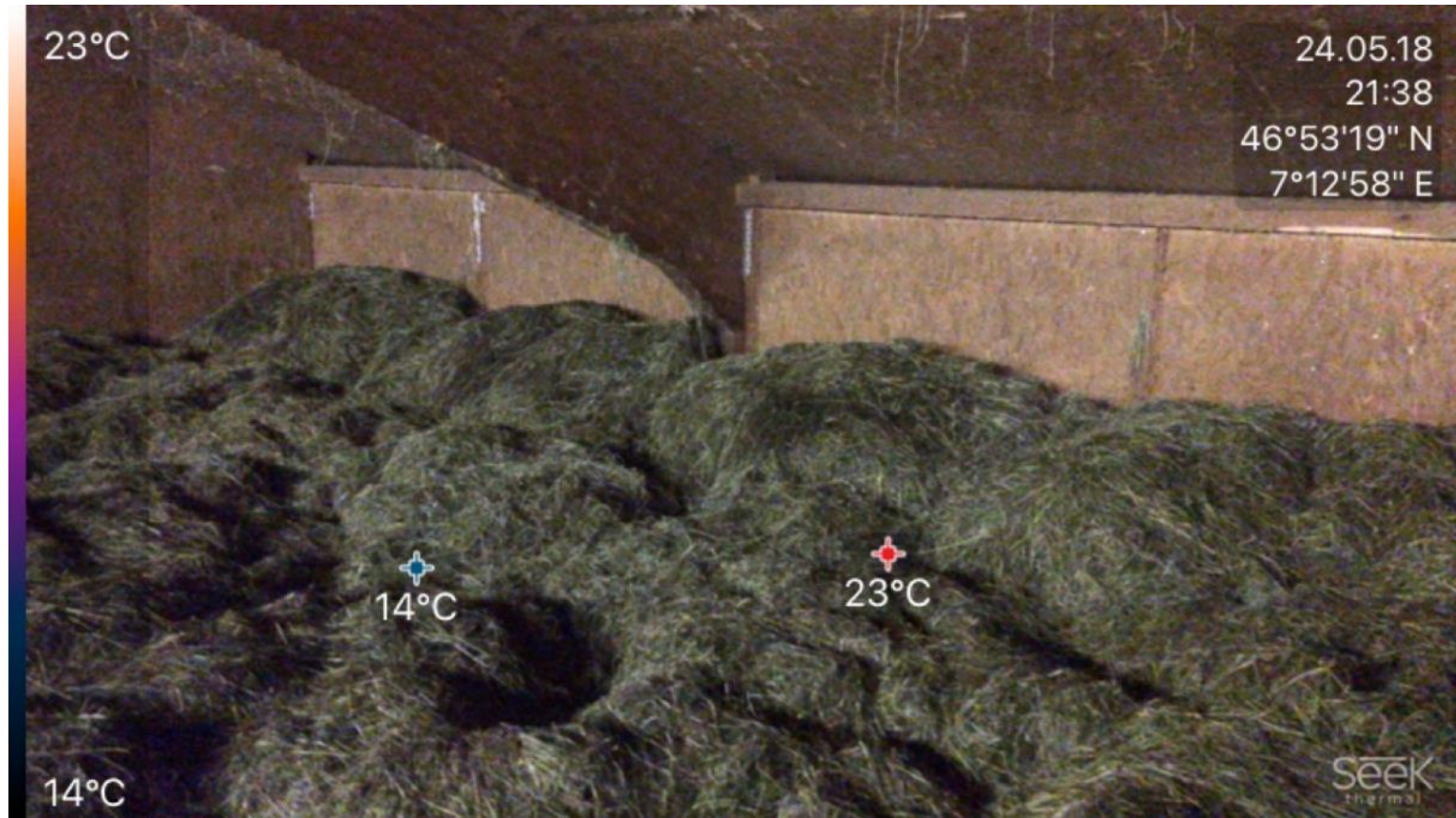
Mesurer les températures

—
Repérer les cheminées



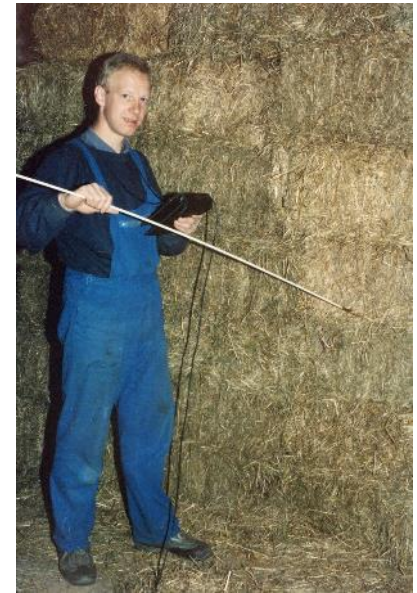
Mesurer les températures

Repérer les cheminées et inégalités



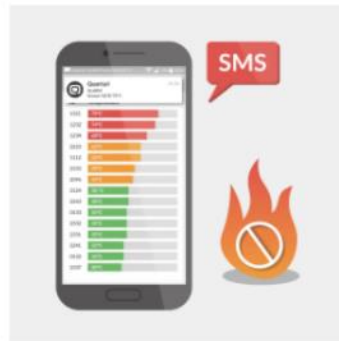
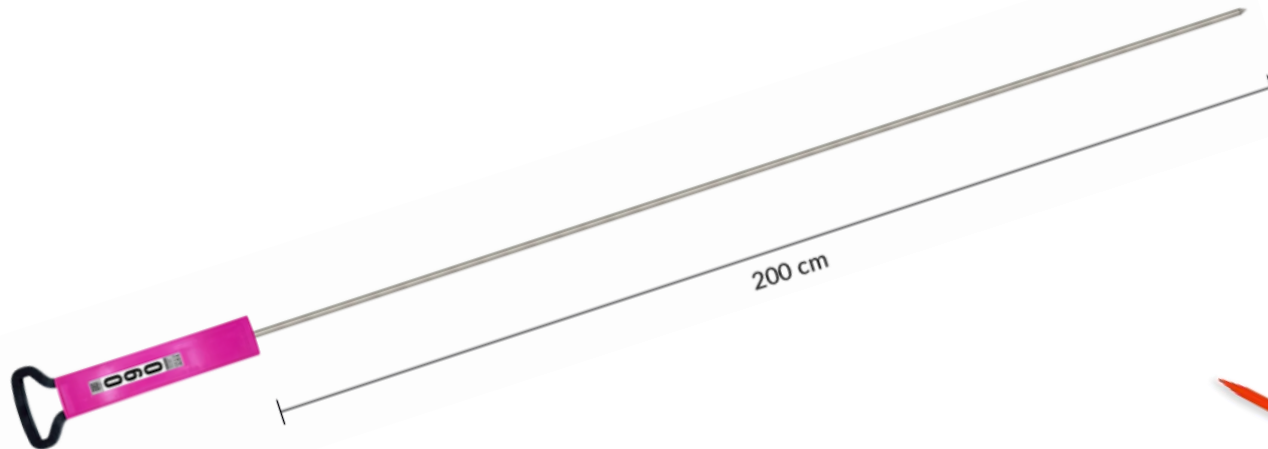
Mesurer les températures en profondeur

- > La caméra thermique mesure en surface
- > Pas reconnue par les établissements d'assurances incendies
- > Sonde de température de 2 à 4m de profondeur. Matériel reconnu pour prévention incendies par Assurances incendies. Subventions ECAB 50% :
 - Sicli 480 CHF (~450 euros)
 - Landi 540 CHF (~500 euros)
 - Paraflamme 540 CHF (~500 euros)
- > Rafrachir dès que le foin dépasse 35°



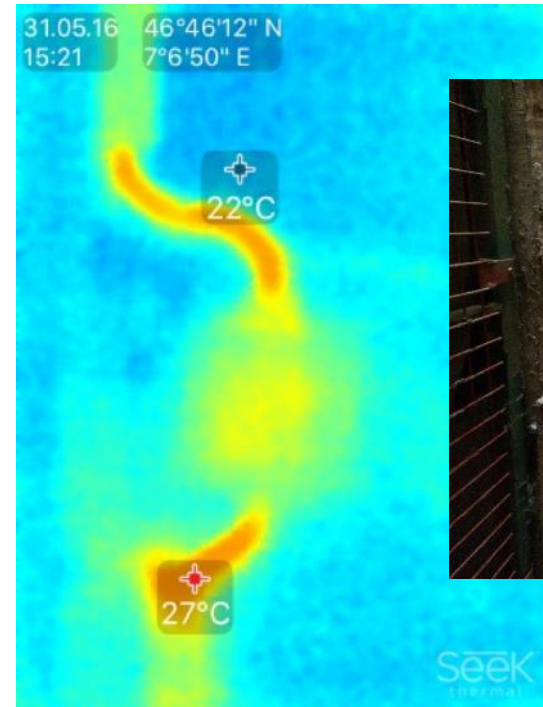
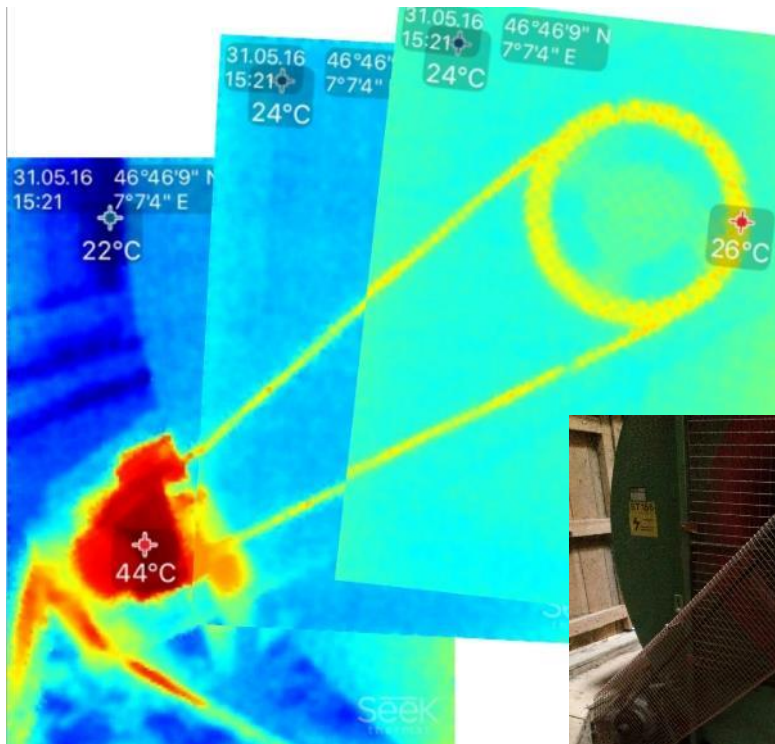
Sondes connectées

> Exemples Quanturi et Tango



Mesurer les températures et contrôler

Circuits électriques / Frottements divers



Mesurer les pressions d'air

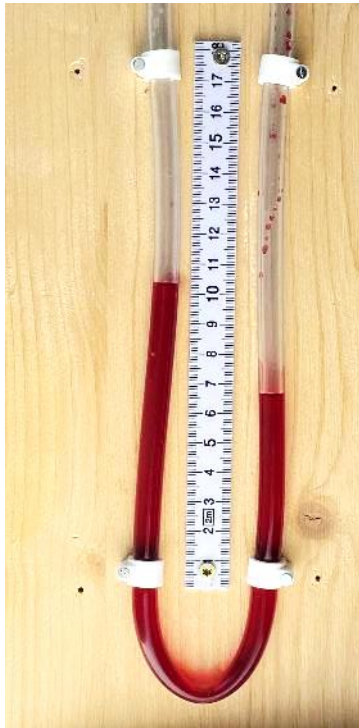
> La pression doit diminuer de jour en jour



<https://www.heutrocknung.com/en/hay-blog/a-success-story-in-sweden>

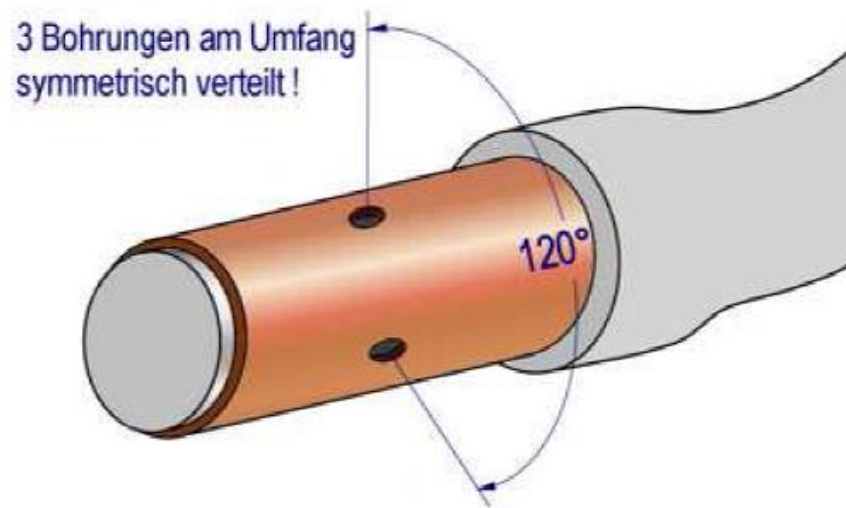
Mesurer les pressions d'air avec un baromètre en U

—
1 cm colonne d'eau (CE) = 1 mbar = 1 hPa



Mesurer les pressions d'air avec un baromètre en U

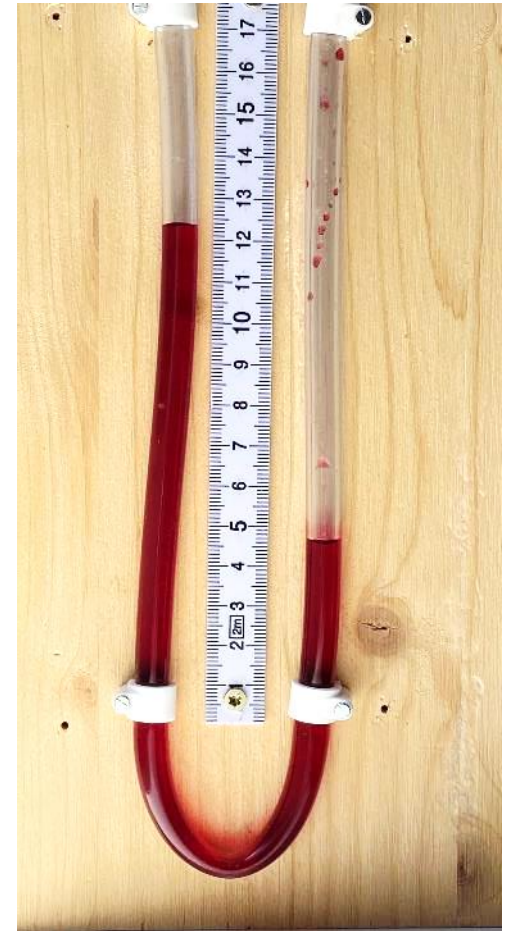
- > Tuyau placé sous les claies perpendiculairement au sens du vent
- > Éventuellement, le fermer avec un bouchon filtrant (schéma)
- > Plusieurs tuyaux possibles s'il faut vérifier la répartition de l'air



Source : xxx

Mesurer les pressions d'air avec un baromètre en U

- > Récupérateur de chaleur sous toiture = max 1 hPa
- > Déshumidificateur = 1.0 à 1.5 hPa
- > Échangeur eau / air = jusqu'à 2 hPa



Mesurer les pressions d'air avec un baromètre en U

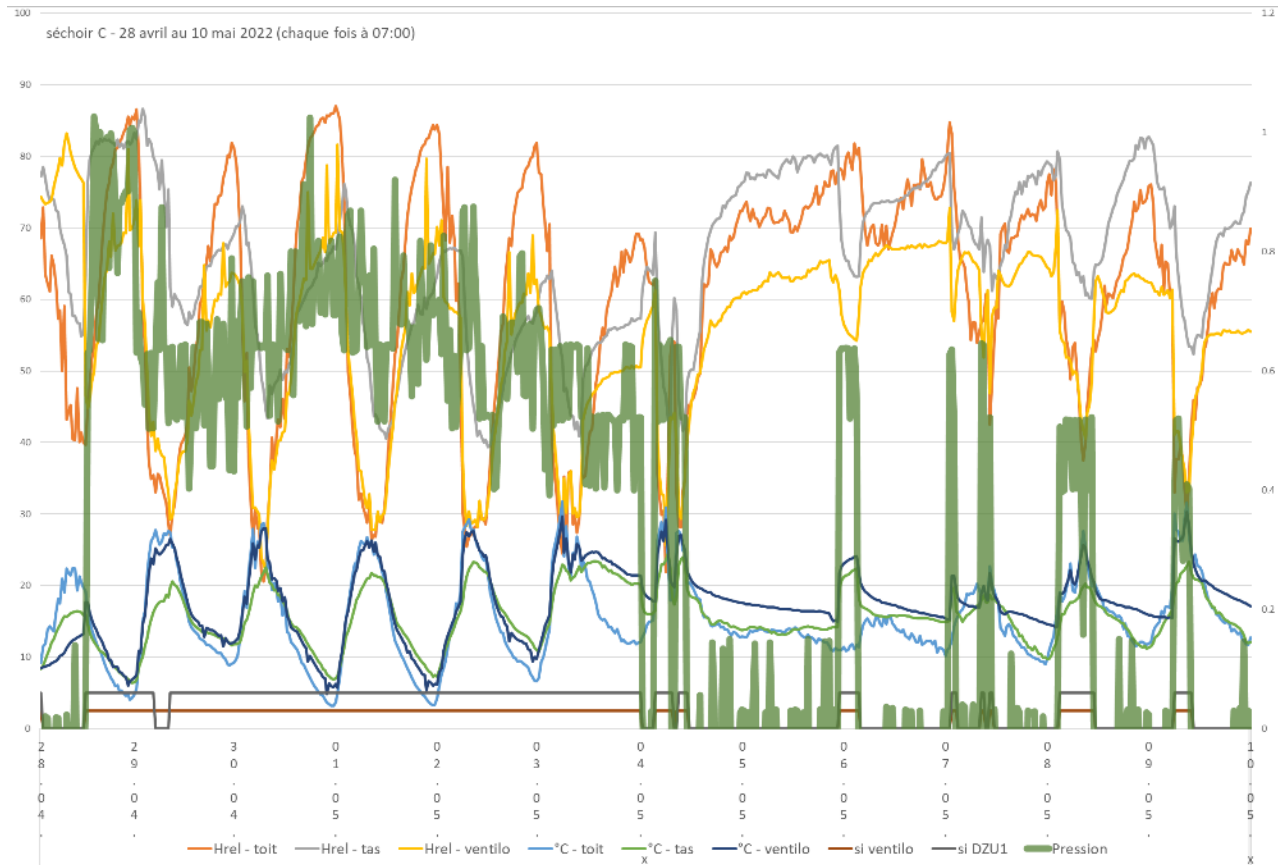
- > Valeur moyenne = 1.5 cm (1 à 2) colonne d'eau (CE) par m de fourrage
- > Pression totale < 8 cm, doit diminuer chaque jour → observer l'évolution entre matin et soir
- > Limite supérieure des ventilateurs = fréquemment à 10 hPa

Diminution de la pression = séchage
Augmentation = tassement



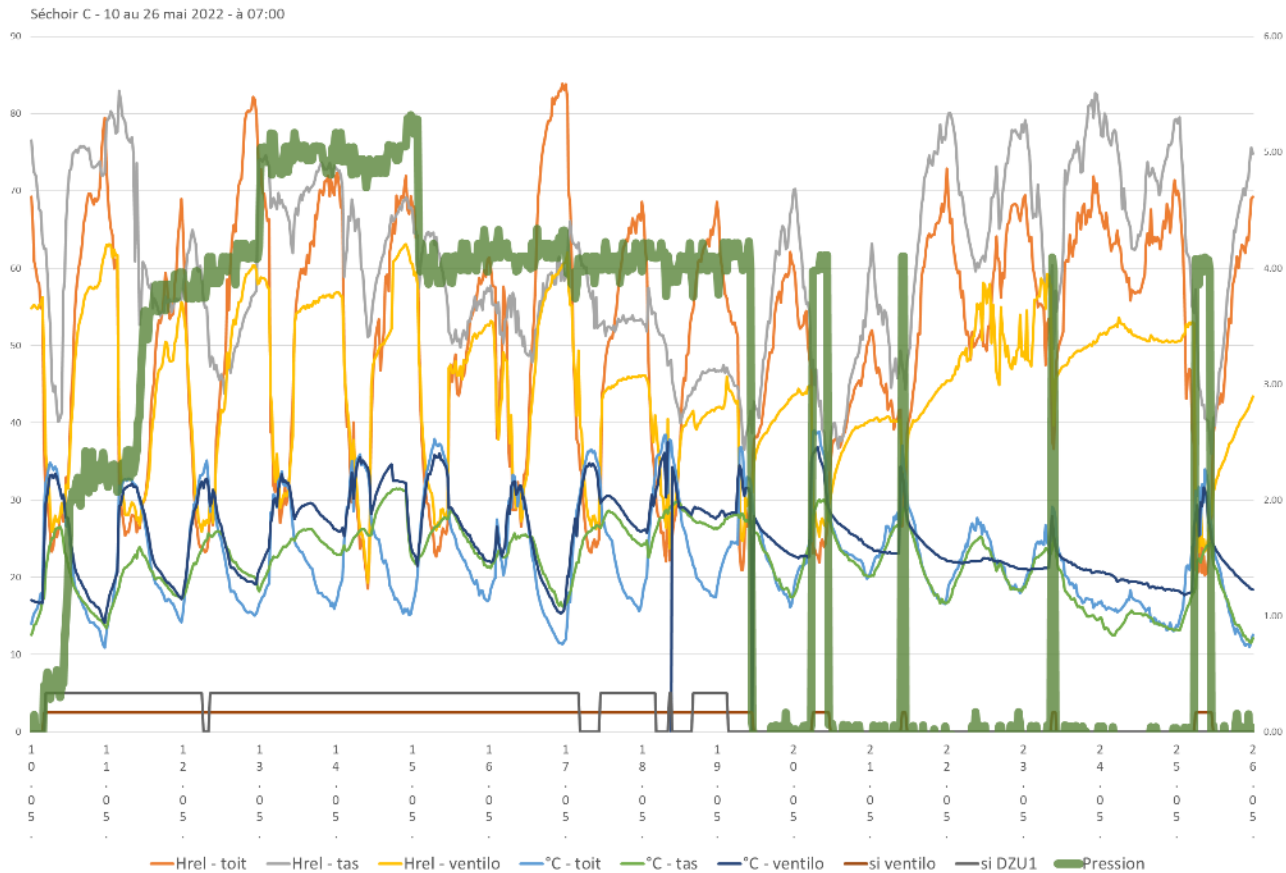
Mesurer les pressions d'air

Les valeurs doivent diminuer de jour en jour



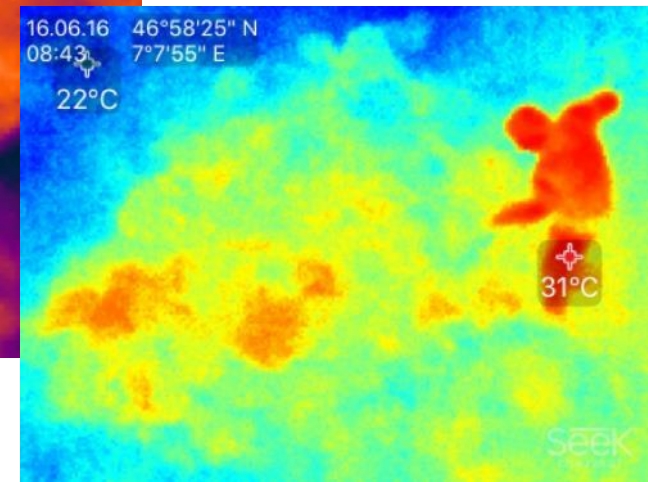
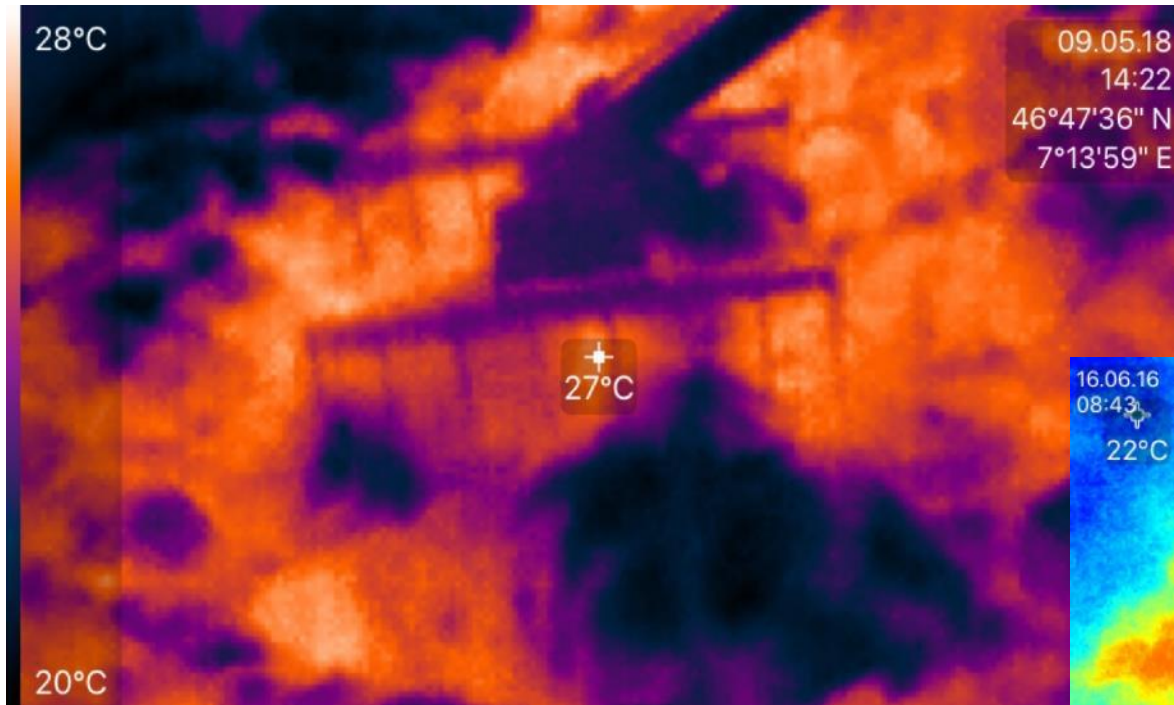
Mesurer les pressions d'air

—
Si ce n'est pas le cas → dégriffer



Mesurer les pressions d'air

Reprendre le fourrage à la griffe si pression trop élevée



Mesurer les pressions d'air

- > La répartition du foin sur le séchoir doit être uniforme
- > dimensionnement du séchoir L x l
- > diffusion de l'air
- > hauteur des claies
- > répartition régulière du fourrage
- > petite charge
- > préfanage suffisant > 60%MS



Mesurer l'humidité relative sur le séchoir

- > But = air sortant avec < 50% d'humidité relative
- > Éventuellement avec mini station météo et sonde sur le séchoir, mais pas très viable dans la durée...
- > Pas évident à mesurer

Humidité relative de l'air sortant %	90	80	70	60	50	40
Matière sèche du fourrage en %	68	74	78	82.5	85	88

Source : Directives pour les installations de séchage en grange, 2014

Mesurer la vitesse du vent

- > Difficile d'être représentatif
- > Idéalement vitesse constante : 4 à 6 m / sec à l'entrée du séchoir
- > Dans déshumidificateur : 1 à 2 m / sec
- > Dans récupérateur d'air sous-toiture : 2.5 à 6 m/sec
- > Au-dessus du séchoir, en théorie : 0.11 m / sec

KAISER+KRAFT
EQUIPPED FOR TOMORROW

Recherchez des produits, des marques, des numéros de référence...

[Retour](#) [Accueil](#) / [Outils à main](#) / [Appareils de mesure](#) / [Anémomètre numérique](#)



Anémomètre numérique

h x l x p 38 x 165 x 85 mm

- Ecran à cristaux liquides éclairé
- Interface USB pour traitement des données sur ordinateur (Windows)
- Fonctions supplémentaires intelligentes

[+ Afficher plus](#)

Prix / pcs (TTC)
285.40 CHF

UT363BT - Mini-anémomètre, 0 ... 30m/s, -10 ... 50°C, UN

Numéro d'article D4: 300-98-074 [📄](#) Référence fabricant: UT363BT [📄](#) Marque: **UNI-T**



✓ **2 pièces c**
2 pièces dispo
80 pièces disp

Prix par pièces

CHF 50.51

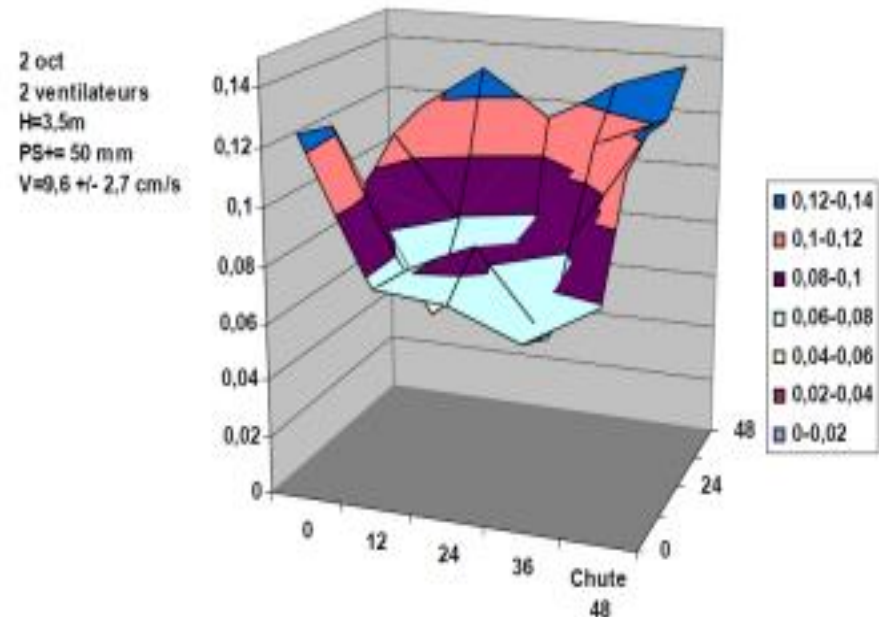
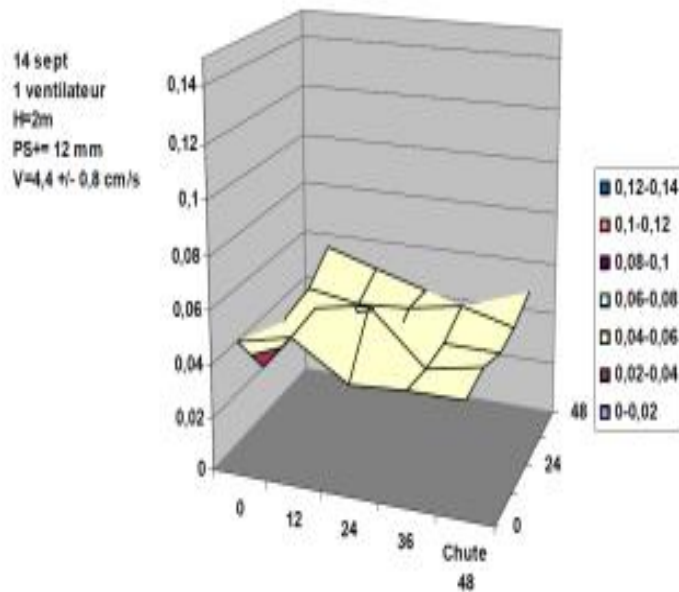
1+ CHF 50.51

- 1 +

DISTRELEC

Mesurer la vitesse du vent

> L'air circule lentement au début du séchage (graphique gauche) et plus rapidement à la fin (droite)



Source : Tremblay et al., Québec, Installation et évaluation d'un système de récolte de foin sec en vrac, 2012

Mesurer la teneur en eau du fourrage

> Mesures difficile à réaliser sur les différents secteurs du séchoir



Weidezaun-Shop.ch

219,00
CHF



ROVAGRO S.A.

ROVAGRO

589.00 CHF TTC

Faire marcher ses propres sens

L'odorat / le toucher / la vue

- > Prendre le fourrage dans les mains, toucher, fouler avec les pieds nus, planter une fourche
- > Odeurs de fermentation, d'échauffement, de renfermé, d'humidité
- > Zones de condensation ?
- > Attention à ne pas piler le foin ; coucher une échelle sur le tas et marcher dessus



www.Agrotourismus.ch

Foin vraiment sec ?

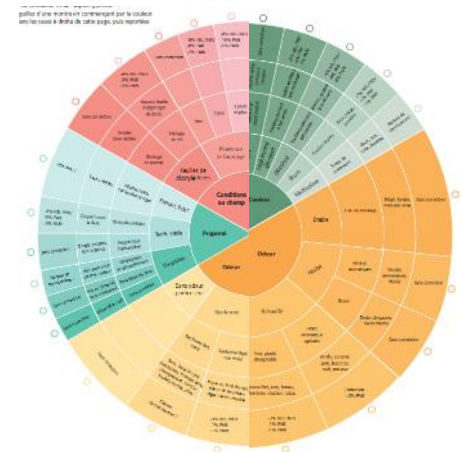
- > Toujours revérifier le lendemain de la fin supposée
- > Re-ventiler aux heures les plus chaudes des journées qui suivent la fin supposée, avec de l'air à moins de 50% d'humidité relative, avec petits débits d'air (variateur de fréquences)
- > Surtout températures / odeur

Analyser ses fourrages

- > Prendre un échantillon représentatif
- > Analyses = valeurs, OK mais ne dit rien sur les conditions de conservation si pas d'analyses biologiques
- > En moyenne, sans précautions particulières, une prise d'échantillons à la main sous-estime les MAT de 6 g/kg MS, et surestime les CB de 11.5 g/kg MS (Bodner, 2016).

Apprécier sensoriellement les fourrages

- > Faire l'exercice à plusieurs 😊
- > Couleur : fourrage vert = séchage rapide
- > Odeurs : pas de moisi, de renfermé, d'échauffé = fourrage réparti uniformément et séchage rapide



À disposition si questions ou remarques