

# Du foin parfait – quel que soit le temps



**Les installations de séchage en grange ont connu bien des évolutions ces dernières années. A Aristau, en Argovie, la famille Stierli vient d'en mettre une en service. Dotée d'un système de gestion intelligent et d'équipements innovants, elle permet d'obtenir un fourrage de haute qualité sans dépenses d'énergie excessives, même quand la fenaison se fait dans une étroite fenêtre météo.**

## **Ruedi Burkhalter**

« Ça sent vraiment bon ici dedans ! », s'exclame Stefan Stierli en saisissant une poignée de foin. Il arbore encore une admirable couleur verte et dégage un agréable parfum de « thé aux herbes ». Il a pourtant été fauché très tôt, en avril, et rentré avec un taux élevé d'humidité résiduelle. En mars dernier, une nouvelle installation de séchage à foin a été mise en service sur la ferme des Stierli; elle est dotée de quelques raffinements techniques encore peu connus en Suisse.

C'est surtout grâce à sa ventilation automatique par intervalles permettant de ventiler alternativement les deux cellules de séchage que cette installation doit atteindre une meilleure efficacité énergétique. Autre particularité, elle est alimentée par un cogénérateur, un couple moteur-génératrice fournissant à la fois chaleur et électricité. Les Stierli ont abandonné le bétail voici une dizaine d'années et vendent leur foin dans le commerce. Sa qualité ne saurait donc souffrir aucun compromis. L'installation a été planifiée et montée par la maison Griesser de Marthalen (ZH), une spécialiste des techniques de froid. La majeure partie de l'équipement provient d'Autriche, de HSR-Heutrocknung SR GmbH;

son fondateur est un agriculteur, Josef Reindl, qui développe ce matériel en s'appuyant sur ses propres expériences.

### **Séchage repensé d'Autriche**

« Cette technologie n'a plus grand-chose à voir avec les séchoirs à air froid que l'on trouve communément chez nous », explique Florian Keller, distributeur de ce matériel dans notre pays. « Le principe de base essentiel du système repose sur l'utilisation d'un air qui est non seulement réchauffé mais également déshumidifié. » Les séchoirs en grange à air déshumidifié sont encore peu répandus en Suisse. Ils n'y ont pas toujours eu bonne réputation: la rumeur voulait qu'ils soient coûteux, sujets à de fréquents dérangements et gourmands en énergie. De tels préjugés n'ont plus leur raison d'être, selon Florian Keller, qui aborde le deuxième principe directeur de sa philosophie du séchage. « Nous n'utilisons pas des composants industriels standard. Du ventilateur au système de régulation, en passant par le déshumidificateur et le convertisseur de fréquence, tous les composants sont compatibles entre eux et développés pour le séchage en grange. »

L'installation fait ainsi appel à des échangeurs thermiques pourvus de lamelles espacées de 2 mm et d'une tubulure spéciale. L'évaporateur du déshumidificateur est recouvert d'une surface antiadhésive à base de téflon pour accélérer l'écoulement de l'eau de condensation. Les concepteurs des installations de dernière génération ont pu améliorer substantiellement leur rendement et leur efficacité en faisant appel à des compresseurs et à des échangeurs thermiques perfectionnés et à un automate programmable industriel (API). En même temps, la surveillance automatique des principaux paramètres de fonctionnement de l'installation et le recours à un dispositif de réglage continu de la puissance (CPC, continuous power control) permettent d'éviter bien des pannes, comme le givrage du déshumidificateur, insiste Florian Keller (voir plus loin les détails techniques). Mais commençons par examiner ce concept innovant de séchoir à plusieurs cellules.

### **Laisser l'humidité se diffuser**

La plupart des séchages en grange SR comportent plusieurs cellules, toutes desservies par un seul ventilateur qui peut ali-

menter jusqu'à 12 cellules. Ce concept à cellules multiples présente des avantages de toutes sortes. La dessiccation se fait par intervalles. Concrètement, chez Stierli, les gros volumes de fourrage sont répartis entre les deux cellules. Des clapets automatiques de répartition envoient l'air durant 60 minutes dans chaque cellule à tour de rôle. « Au bout de 60 minutes de séchage, les tissus superficiels des tiges d'herbe sont secs et l'efficacité du séchage diminue. C'est pourquoi on laisse reposer le fourrage durant 60 minutes, ce qui permet à l'eau résiduelle de regagner les parties superficielles des tiges », explique Florian Keller. Ce procédé de séchage par intervalles met aussi à profit la chaleur propre dégagée par le fourrage lui-même, sans que sa qualité en soit altérée, ce qui permet de réduire de 30% la durée du séchage proprement dite par rapport à une installation fonctionnant en continu. C'est une source d'économie d'énergie. Du fait que les Stierli vendent tout leur foin dès qu'il est sec, leur installation ne comporte « que » deux grandes cellules et une petite. Les exploitations avec bétail en ont généralement plus. Sur sa propre ferme, Josef Reidl est allé jusqu'à une forme très aboutie du concept en construisant une cellule de 6 mètres de haut pour chaque coupe d'herbe. Cela lui permet, lors de la reprise hivernale, de composer et distribuer un mélange contenant une proportion constante de fourrage de chaque coupe. En plus, il n'y a jamais dans une cellule de fourrage plus ancien pour gêner le séchage de la couche la plus fraîche.

### Le pourquoi de la petite cellule

Idéalement, le fond d'une cellule ne devrait pas être trop grand, essentiellement du fait qu'au remplissage la première couche de fourrage devrait toujours atteindre une

## Résumé des principaux avantages

**L'utilité d'un séchage en grange dépend de nombreux facteurs et doit être déterminée individuellement pour chaque exploitation. Elle peut fortement varier d'une année à l'autre. Par rapport à un séchage classique à air froid, les utilisateurs d'un séchoir plus évolué citent les arguments suivants :**

- Le temps de séchage est considérablement réduit lorsque la météo est défavorable. Le séchage avec de l'air en circuit fermé préserve l'essentiel des arômes et améliore l'appétence du fourrage.
- Qui dit meilleure appétence dit aussi ingestion augmentée. En combinaison avec un taux de sucres digestibles plus élevés des protéines plus stables dans la panse, on obtient de meilleures performances laitières avec le seul fourrage de base, en réduisant ainsi les importations de concentrés.
- Fauché tôt et séché en conditions optimales, le foin contient moins de moisissures ; par rapport à du foin séché classiquement et même par rapport à de l'ensilage, il est meilleur pour la santé du bétail (y compris pour sa fertilité).
- Le fanage à la pirouette peut être réduit. On économise ainsi du temps et des frais de mécanisation tout en réduisant les risques de salissures.
- Du fait que l'on peut rentrer du préfané avec un taux d'humidité élevé, les pertes de fourrage par brisures sont réduites. Ce seul élément permettrait de gagner entre 200 et 300 kg de potentiel laitier par hectare et par coupe.
- En principe, l'herbe peut être coupée et rentrée le lendemain. On dispose donc de beaucoup plus de fenêtres météo et l'exploitant est moins stressé si le temps vient à se gâter.
- Même si le temps se détériore de manière inattendue, le fourrage peut être rentré avec un taux d'humidité de plus de 45 % et être sauvé ainsi de la pourriture.
- Le fourrage se tasse moins et se compacte moins dans les cellules ; il reste aéré, facilitant le passage de l'air dans le tas. Les couches ajoutées par la suite sèchent, du coup, plus facilement et de façon plus efficace.
- Pour un fourrage contenant entre 30 et 35 % d'humidité, la dépense énergétique n'est pas plus élevée qu'avec une installation classique à air froid.

**Les exploitants qui passent de l'ensilage à l'affouragement en sec profitent en outre des points suivants :**

- Le fourrage sec est léger et permet de réduire les coûts de mécanisation.
- Par rapport à l'ensilage, l'affouragement en sec demande nettement moins d'efforts.
- Selon les régions, le lait de non-ensilage est mieux payé que le lait d'ensilage.

certaine hauteur. « Notre système à air ventilé sous haute pression ne fonctionne correctement que si le tas atteint au moins 2 à 3 mètres de haut (selon le taux de matière sèche du fourrage). Il ne s'y forme ainsi pas de cheminée », explique Florian Keller, technicien en ventilation. Les Stierli utilisent donc la petite cellule lorsqu'ils ont

des petites surfaces à rentrer ou que le rendement d'une coupe est moindre. La règle de base est donc ici fondamentalement différente de ce que l'on préconise pour une installation à ventilation standard qui ne devrait jamais recevoir plus 1 à 2 mètres à la fois en fonction du taux de MS, contre 2 à 7 mètres pour un séchoir SR. La surface de claies nécessaire à l'hectare est ainsi sensiblement réduite. Passons maintenant aux détails techniques de l'installation.

### Ventilateur à pression constante

La construction du ventilateur est très différente de celle des ventilateurs qu'on trouve dans le commerce en Suisse. SR n'utilise que des ventilateurs avec aspiration d'un seul côté. Leur diamètre est inférieur, le nombre de pales plus élevé et ils peuvent tourner plus vite. Ils fournissent une pression plus stable, c'est-à-dire qu'ils sont en mesure de fournir un volume d'air suffisant même lorsque le tas atteint son maximum de 8 mètres de haut avec la



**Manuel Stierli, Stefan Stierli et Florian Keller (de g. à d.) présentent un fourrage séché à la perfection.**



**Les cellules portent un marquage bien visible pour permettre de déterminer la hauteur du tas.**

contre-pression correspondante, grâce à quoi le séchage atteint encore un bon rendement même lorsqu'il faut rentrer, sous la pression de la météo, du fourrage encore relativement riche en eau. A l'inverse, on ne gaspille pas d'énergie quand l'herbe est plus sèche ou quand le tas n'est pas très haut. Dans ces conditions, le convertisseur de fréquence réduit automatiquement le régime du ventilateur, afin que la vitesse de l'air dans le tas demeure dans la fourchette entre 0,07 et 0,11 m/s, condition optimale pour que le séchage soit à la fois rapide et efficace.

Le ventilateur se met à aspirer l'air du toit dès que la température au niveau de l'aspiration, sous ce toit, dépasse de plus de 3°C celle qui règne à l'intérieur du système. Le déshumidificateur fonctionne alors en mode réduit ou bien il est carrément arrêté. Il se réenclenche quand l'humidité de l'air remonte au-dessus d'un certain seuil, afin d'assurer un séchage optimal.

La régulation « Vario-Confort » adapte le débit d'air en fonction des besoins de chaque cellule. Dès que l'air aspiré du toit n'est plus assez chaud, un vérin électrique ferme automatiquement le clapet d'alimentation, mettant l'installation en circuit fermé. L'arrivée d'air, le ventilateur et le déshumidificateur se calent automatiquement sur la quantité d'humidité contenue dans le fourrage, réduisant ainsi fortement la consommation de courant en fin de séchage; à l'inverse, un séchage à régulation manuelle sans convertisseur de fréquence travaille toujours à plein régime. L'exploitant peut entrer dans l'ordinateur de l'installation la quantité de fourrage qu'il va récolter et son taux d'humidité résiduelle;



**Pour être bien détaché et réparti de façon aérée, le fourrage très humide passe par un doseur.**

la machine lui indique alors quelle sera la hauteur du tas et le temps de séchage nécessaires.

On peut donc déterminer, avant même de faucher, combien d'hectares on pourra engranger sans que la durée de séchage ne quitte la zone verte. Ensuite, une fois remplie, l'installation s'occupe automatiquement du reste, en veillant à consommer aussi peu d'énergie que possible et sans perte de temps pour l'exploitant.

### **Un processus complexe totalement automatisé**

L'automatisation complète du processus de séchage à l'aide d'un automate programmable industriel (API) permet d'optimiser l'opération. Des capteurs transmettent en continu les paramètres essentiels que sont la température et le taux d'humidité de l'air extérieur, ceux de l'air aspiré, ceux de l'air quittant le tas de foin, ainsi que la pression au niveau du ventilateur et la vitesse de l'air dans le tas. La vitesse de passage de l'air dans les échangeurs thermiques est aussi surveillée en permanence et maintenue dans une fourchette entre 2,5 et 4 m/s; l'air a ainsi suffisamment de temps pour restituer son humidité éliminant certains risques, comme de voir le condensateur givrer. Ce type de régulation économise de l'énergie tout en réduisant la charge de travail de l'exploitant.

### **Séchage impératif en deux à quatre jours**

« L'intervalle entre la fauche et le moment où le fourrage atteint un taux de MS de 88 % doit être aussi court que possible », explique Florian Keller. Pour obtenir un



**Le ventilateur spécial à pression constante demande une puissance électrique maximale de 22 kW.**

fourrage de qualité optimale, l'ensemble du tas devrait atteindre un taux de MS de 88 à 90 % dans les deux à quatre jours suivant la fauche. Le recours à la technique moderne seul ne suffit pas à garantir un tel résultat. Le fourrage doit être préfané avec soin et engrangé au bon moment. Il doit être rentré lorsqu'il a perdu autant d'eau que possible sous l'action du soleil, sans pour autant que les opérations d'andainage et de récolte n'entraînent de pertes par brisures. Idéalement, ce stade est atteint lorsque le fourrage contient encore entre 30 et 35 % d'humidité résiduelle, sachant toutefois que cette valeur peut sans problème atteindre 45 %. Dans la pratique, il est possible de sécher un fourrage contenant encore 50 % d'humidité, voire plus. Mais attention à la consommation d'énergie, qui augmente alors de manière exponentielle. A 30 % d'humidité, il reste 250 litres d'eau à extraire par tonne de matière sèche; à 40 %, ce volume atteint 480 litres, puis 800 litres à 50 % et même 1250 litres à 60 %. Il faut en outre savoir qu'au-delà de 120 heures de séchage, la qualité du fourrage risque de souffrir. La préparation, le ramassage et l'engrangement sont aussi importants. Le fourrage devrait se déposer de manière aussi homogène et aérée que possible lorsqu'on le pirouette ou qu'on l'andaine. « Nous veillons aussi à ne pas trop le tasser dans l'autochargeuse. Il faut travailler avec au maximum cinq à sept copeaux parfaitement affûtés. C'est la seule façon d'assurer que le foin se répartisse régulièrement sur le tas en gardant un volume aéré, sans former d'amas », explique Stefan Stierli. Lorsque du fourrage doit être rentré en-

core très humide, les Stierli utilisent le doseur dont ils disposent. Dans un tel cas, le tas est repris à la griffe pour l'aérer avant de le stocker. Il est important aussi de mettre en route le séchoir sans attendre dès que le fourrage est rentré, afin d'éviter que les couches inférieures ne se compactent trop.



**Le fourrage doit rester aéré lorsqu'on le charge pour l'engranger. Pour ce faire, il vaut mieux utiliser une autochargeuse généreusement dimensionnée et faire des andains réguliers.**

### Calcul individuel des coûts

Vaut-il cependant vraiment la peine d'acquiescer ou remplacer un séchage en grange ? C'est à chaque exploitant de répondre en fonction des conditions de son domaine. Selon sa taille et sa complexité, la technique pour une installation du genre de celle des Stierli représente un investissement entre 50 000 et 200 000 francs. Pour la planifier, on doit d'abord déterminer la quantité quotidienne de fourrage qui devrait pouvoir être prise en charge. Chez Stierli, c'est entre 5 et 10 hectares par jour. Il faut aussi veiller à ce que l'alimentation électrique disponible soit suffisante. Un séchoir avec déshumidificateur de type SR 70 comme celui des Stierli a besoin d'un branchement de 50 A au moins, sachant qu'il devra pouvoir, en plus, alimenter d'autres consommateurs (machine à traire, chauffe-eau, etc...).

C'est, entre autres, ce problème de branchement qui a conduit les Stierli à opter pour une génératrice d'occasion au lieu d'utiliser, comme c'était prévu à l'origine, un chauffage à copeaux. Le séchoir est donc alimenté par une génératrice de 200 kVA tournant à 1400 tr/min, loin de son régime maximal. Le moteur fournit donc son meilleur rendement. « Nous récupérons la chaleur émise par le moteur pour le séchage, la fiabilité de l'instal-

lation est bonne et nous évitons de payer à prix fort le courant aux heures de pointe », calcule Florian Keller. « Lorsque nous avons séché la première coupe, début avril, il faisait 11 °C dehors et 37 °C dans l'installation », rapporte Stefan Stierli. Point essentiel : le séchoir en grange doit être aussi bien fermé et isolé que possible pour éviter l'aspiration d'air humide et les déperditions de chaleur. « Avec du préfané humide, la température peut dépasser sans problème les 40 °C, mais à la fin du processus, elle ne devrait plus aller au-delà de 35 à 39 °C, pour ne pas endommager les protéines du fourrage », rappelle Florian Keller.

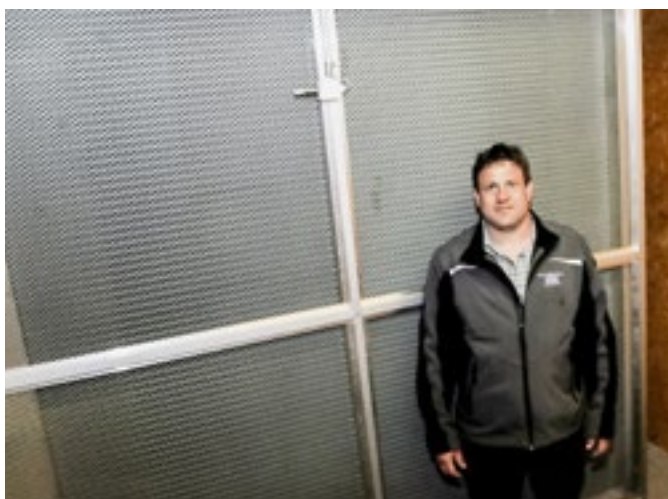
La rentabilité d'une installation de séchage SR peut, le cas échéant, être encore améliorée si elle dessert aussi des cellules spéciales pour d'autres matières : plaquettes ou bûches de bois, herbes aromatiques ou fumier. On peut aussi intégrer un séchoir à balles rondes au système.

A l'exemple du séchage des céréales, on a pu constater que la consommation spécifique d'énergie par kg d'eau à extraire est bien moindre avec un déshumidificateur qu'avec de l'air chauffé. Les coûts de l'énergie peuvent néanmoins varier fortement d'une région à l'autre en fonction de la source d'énergie.

### A planifier par un pro

Encore quelques indications concernant la planification des installations ; elle devrait toujours être confiée à un professionnel. Prenons un exemple pour une surface fourragère de 20 hectares.

On commence par déterminer le volume des cellules. La première coupe (normalement 40 à 50 % de la quantité annuelle) de 20 hectares occupe 40 m<sup>3</sup>/ha, soit un volume total de 800 m<sup>3</sup>. Un tas de 6 mètres de haut occupera une surface de 133,3 m<sup>2</sup>. Important : cette première coupe doit pouvoir être séchée en une fois. Deuxième étape, on détermine la taille du ventilateur : 133,3 m<sup>2</sup> × 0,07 m/s × 3600 secondes pour une hauteur de remplissage de 6 donne un débit de 33 599 m<sup>3</sup> à l'heure ; un ventilateur devrait atteindre un rendement optimum de 80 %. Enfin, on détermine la surface d'échange du déshumidificateur : le volume d'air de 33 599 m<sup>3</sup> : 3600 secondes : 2,5 à 4 m par seconde (vitesses optimales de l'air réfrigéré) donne une surface d'échange de 3,11 m<sup>2</sup> pour la surface du déshumidificateur. La section des conduits d'aspiration de l'air du toit et celle des conduits internes est importante aussi et ne doit pas être inférieure à la surface du déshumidificateur. ■



**Le déshumidificateur présente une surface d'entrée impressionnante.**



**Le groupe électrogène de secours d'une puissance électrique impeccable a été acquis à bon prix par internet.**