

## Appareils de commande pour le séchage en grange

### Une large offre invite à économiser de l'énergie

Jürg Baumgartner, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles (FAT), CH-8356 Tänikon

Le nombre d'installations de séchage en grange n'augmente plus dans la même mesure que dans les années 1965 à 1990, période pendant laquelle l'augmentation annuelle était d'environ 1400. Toujours est-il qu'environ 44 000 exploitations agricoles disposent aujourd'hui d'une ou de plusieurs ins-

tallations de ce genre. Beaucoup de ces installations ne sont pas les plus modernes, et la consommation d'énergie est bien trop élevée. Cela pour les raisons suivantes:

- la durée de ventilation est généralement trop longue;
- le séchage n'a pas lieu au bon moment, par ex. pendant la nuit ou

lorsqu'il pleut; le tas de foin absorbe alors de l'eau au lieu de sécher, ce qui implique des heures de ventilation supplémentaires;

- d'autre part, on oublie souvent de prévoir une ventilation à intervalles, ce qui a pour conséquence que le tas se réchauffe; les processus de fermentation occasionnent des pertes de substances nutritives, et il se produit 0,6 kg d'eau additionnelle par kg de matière sèche (MS) décomposée;

- beaucoup d'installations de plus de 20 ans sont équipées de vieux ventilateurs dont les rendements sont insuffisants.

Ainsi il se pose la question: remplacer le ventilateur ou utiliser un appareil de commande? La vue d'ensemble présentée dans le tableau 2 aide à choisir le plus approprié parmi les nombreux appareils offerts sur le marché.



Fig. 1. Appareil de commande qui mesure la température de l'air à l'entrée du ventilateur et à la surface du tas de foin.

| Sommaire                                                                | Page |
|-------------------------------------------------------------------------|------|
| Problématique                                                           | 2    |
| Quel type d'appareil?                                                   | 2    |
| Commande en fonction de l'humidité de l'air                             | 3    |
| Choix de l'état du tas de foin                                          | 3    |
| Commande en fonction de la déficience de saturation et de l'état du tas | 3    |
| Commande automatique                                                    | 8    |
| Quel est l'appareil de commande le plus approprié?                      | 8    |

## Problématique

Il y a 20 ans environ, le séchage d'un tas de foin de 100 m<sup>2</sup> de surface exigeait un ventilateur équipé d'un moteur de 7,5 kW avec 8 kW de puissance absorbée. Pour 800 à 1000 heures de ventilation par saison, il en résultait une consommation d'énergie de 6400 à 8000 kWh. Aujourd'hui, on utilise pour un tas de la même dimension un ventilateur avec un moteur de 5,5 kW qui absorbe 6,2 kW.

Les appareils de commande règlent la durée de marche du ventilateur selon l'humidité relative et/ou la température de l'air aspiré. Quelques-uns tiennent également compte de l'état de l'air sortant du tas. Ces appareils permettent de réduire la durée de marche du ventilateur à 600–700 heures et la consommation d'énergie à 3720–4340 kWh. A raison d'un prix de 20 centimes par kWh (indiqué sur la facture de l'usine électrique), environ Fr. 230.– par an peuvent en moyenne être économisés par un ventilateur moderne et Fr. 400.– par

un appareil de commande. Il est donc économiquement plus intéressant d'équiper l'installation de séchage d'un appareil de commande que de remplacer un vieux ventilateur.

D'autre part, il existe aussi des raisons qui parlent en faveur d'un remplacement du ventilateur. Ainsi il est par ex. indiqué dans certains cas de remplacer le ventilateur axial par un ventilateur radial (ventilation sans cheminées, réduction du bruit, construction d'un capteur solaire, agrandissement du tas de foin, etc.).

## Quel type d'appareil?

Huit firmes (tableau 1) offrent 25 appareils de commande (tableau 2). Le choix va de l'appareil le plus simple jusqu'à la commande entièrement automatique de tout le processus de séchage. En comparant les prix, il faut

tenir compte du fait que la commande de démarrage du moteur électrique n'est pas toujours comprise dans l'équipement de base.

Les 54 positions du tableau 2 concernent les points suivants:

Pos. 1–2:

Marque et type (liste des fournisseurs: voir tableau 1)

Pos. 3:

Prix de base

Pos. 4–11:

Fonctions

Pos. 12–33:

Possibilités techniques, prix des fonctions et de l'équipement supplémentaires

Pos. 34–36:

Commandes supplémentaires

Pos. 37–39:

Mode d'emploi, montage, dispositifs de contrôle

**Tableau 1. Fournisseurs d'appareils de commande pour le séchage en grange**

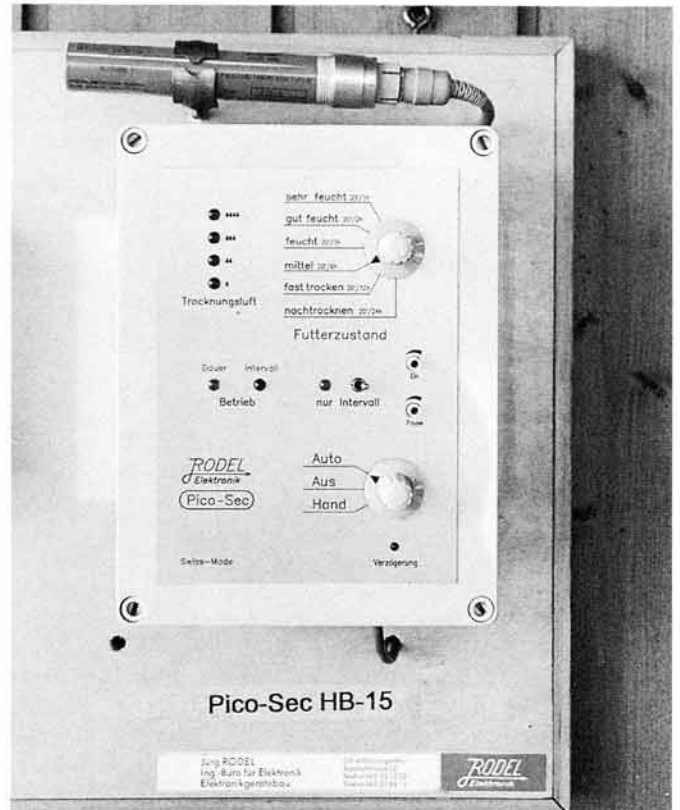
| Fournisseur                                      | Rue                       | NPA, lieu            | Téléphone     | FAX           | Marque(s)                                         |
|--------------------------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------|---------------|---------------------------------------------------|
| Aebi & Co. AG                                    | Lyssachstrasse            | 3400 Burgdorf        | 034/21 61 21  | 034/23 17 65  | Aebi                                              |
| Alfa Laval Agri                                  |                           | 6210 Sursee          | 041/926 66 11 | 041/921 38 76 | Optimatik                                         |
| Barth K.                                         | Maschinenfabrik           | 8421 Dättlikon       | 052/301 00 13 | 052/301 00 19 | Secomat<br>Optimatik                              |
| Lanker AG                                        | Zürcherstr. 499           | 9015 St. Gallen      | 071/313 99 44 | 071/313 99 40 | Sprecher + Schuh<br>S+S/Helwa-Geeler<br>Optimatik |
| Optimatik AG                                     | Gewerbezentrum Strahlholz | 9056 Gais            | 071/793 30 30 | 071/793 18 18 | Optimatik                                         |
| Rodel Jürg*                                      | Bahnhofstr. 32            | 4901 Langenthal      | 063/23 12 32* | 063/22 84 13* | Micro-Sec<br>Pico-Sec                             |
| Stabag                                           | Apparatebau AG            | 9496 Balzers         | 075/384 13 23 | 075/384 13 43 | Stabag                                            |
| Zumstein AG°                                     | Maschinenfabrik           | 3315 Bätterkinden    | 065/45 35 31° | 065/45 36 57° | Zumstein<br>Micro-Sec (Rodel)                     |
| <b>Nouveaux n<sup>os</sup> de téléphone/fax:</b> |                           |                      |               |               |                                                   |
| Rodel Jürg                                       |                           | * à part. du 9.11.96 | 062/923 12 32 | 062/922 84 13 |                                                   |
| Zumstein AG                                      |                           | ° à part. du 9.11.96 | 032/655 13 31 | 032/665 36 57 |                                                   |

Pos. 40–48:  
Commande de démarrage du moteur  
(combinaison étoile-triangle ou démar-  
rage souple)  
Pos. 49–53:  
Séchage avec plusieurs ventilateurs  
par tas  
Pos. 54:  
Durée de la garantie

## Commande en fonction de l'humidité de l'air

La combinaison d'une commande de ventilation intermittente (minuterie mécanique ou électrique) et d'un hygrostat (mesure du taux d'humidité de l'air avec des points de mise en marche et d'arrêt réglables) est un système relativement simple. Le ventilateur est mis en marche dès que l'humidité relative de l'air est inférieure à la valeur choisie (par ex. 80%). Lorsque l'humidité relative de l'air est supérieure à cette valeur, le foin est ventilé par intervalles, les pauses étant relativement longues et les durées de marche du ventilateur plutôt courtes. Au fur et à mesure du séchage, le point de réglage de l'hygrostat doit être corrigé jusqu'à une valeur inférieure à 60%. Lors d'un nouvel apport de foin, il faut retourner au réglage initial. Les types 7, 8 et 21 font partie de cette catégorie d'appareils.

*Fig. 3. Un appareil de commande plutôt simple. Le taux d'humidité de l'air est mesuré à l'entrée du ventilateur. L'état du fourrage peut être choisi au moyen d'un commutateur de sélection.*



En comparant les prix, il faut vérifier si la commande du moteur électrique est comprise ou pas.

## Choix de l'état du tas de foin

Dans certains systèmes, la durée de ventilation est réglée automatiquement

suivant l'état du foin. Cela est un avantage puisque le réglage manuel de l'hygrostat est une opération délicate. Les durées des intervalles et des pauses sont déterminées par le choix de l'état du tas (très humide, humide, presque sec, séchage final) et le taux d'humidité de l'air. Les types 3, 4, 19, 22, 23 et 24 font partie de cette catégorie d'appareils.

## Commande en fonction de la déficience de saturation et de l'état du tas

La déficience de saturation de l'air de séchage, c'est-à-dire sa capacité d'absorption d'eau, ne dépend pas seulement de l'humidité relative, mais également de la température de l'air. A l'exception de deux appareils (9 et 10), la déficience de saturation ( $g/m^3$ ) est déterminée directement en fonction du degré de séchage du tas. Comme dans les cas précédents, celui-ci doit être choisi par l'utilisateur (humide-sec). Les types 5, 6, 9, 10, 15, 16, 17, 20 et 25 font partie de cette catégorie d'appareils.



*Fig. 2. Cet appareil contrôle la température et l'humidité de l'air près de la buse d'aspiration du ventilateur et à 1–3 endroits au-dessus du tas.*

# Rapports FAT no 478: Appareils de commande pour le séchage en grange

Tableau 2. Données techniques et prix des appareils de commande

(1<sup>ère</sup> partie)

| 1  | Marque                                                           | Aebi                                 | Aebi       | Secomat                                                     | Secomat     | Secomat     | Secomat     |
|----|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 2  | Type                                                             | AS-2                                 | AS-3       | HB 6                                                        | HB 16       | HB 17       | HB 18       |
|    | Appareil n°                                                      | 1                                    | 2          | 3                                                           | 4           | 5           | 6           |
| 3  | Prix de base, Fr.                                                | 1437,75                              | 2662,50    | 1040,00                                                     | 885,00      | 1295,00     | 1495,00     |
|    | <b>Fonctions</b>                                                 |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 4  | Sans microprocesseur                                             | ●                                    |            | ●                                                           | ●           | ●           | ●           |
| 5  | Avec microprocesseur                                             |                                      | ●          |                                                             |             |             |             |
| 6  | Humidité de l'air aspiré, %                                      |                                      | ●          | ●                                                           | ●           |             |             |
| 7  | Température de l'air aspiré, °C                                  | ●                                    | ●          |                                                             |             |             |             |
| 8  | Déficiance de saturation de l'air aspiré, g/m <sup>3</sup>       |                                      |            |                                                             |             | ●           | ●           |
| 9  | Humidité de l'air sortant du tas, %                              |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 10 | Température de l'air sortant du tas, °C                          | ●                                    | ●          |                                                             |             |             |             |
| 11 | Déficiance de saturation de l'air sort. du tas, g/m <sup>3</sup> |                                      |            |                                                             |             |             |             |
|    | <b>Equipement</b>                                                |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 12 | Sonde(s), nombre                                                 | ● 2                                  | ● 3        | ● 1                                                         | ● 1         | ● 1         | ● 1         |
| 13 | Sonde(s) supplémentaire(s), Fr.                                  |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 14 | Hygrostat                                                        |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 15 | Affichage de l'humidité de l'air aspiré, %                       |                                      | ●          | ○ 165,00                                                    | ○ 165,00    |             |             |
| 16 | Affichage de la température de l'air aspiré, °C                  |                                      | ●          |                                                             |             |             |             |
| 17 | Affichage de la déficiance de saturation, g/m <sup>3</sup>       |                                      |            |                                                             |             | ●           | ●           |
| 18 | Affichage de l'humidité de l'air sort. du tas, %                 |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 19 | Affichage de la temp. de l'air sortant du tas, °C                |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 20 | Choix du degré d'humidité du tas                                 |                                      |            | ●                                                           | ●           | ●           | ●           |
| 21 | Affichage du degré d'humidité du tas, % MS                       |                                      | ●          |                                                             |             |             |             |
| 22 | Minuterie mécanique, min                                         |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 23 | Générateur d'impulsions/minuterie électronique                   | ●                                    | ●          | ●                                                           | ●           | ●           | ●           |
| 24 | Choix d. la durée d. intervalles, min; ( ) = automat.            | ● (10)                               | ● variable | ● 2 - 60                                                    | ● (30)      | ● (30)      | ● 2 - 60    |
| 25 | Choix de la durée des pauses, h; ( ) = automat.                  | ● (50)                               | ● variable | ● 2 - 14                                                    | ● (2 - 14)  | ● (2 - 14)  | ● 2 - 14    |
| 26 | Interrupteur pour ventilation intermitt. seule, Fr.              |                                      |            | ○ 70,00                                                     | ○ 70,00     | ●           | ●           |
| 27 | Ventilation de démarrage, durée (h)                              | ● 1                                  | ● 1        |                                                             |             |             |             |
| 28 | Compteur d'heures de service                                     |                                      | ●          | ○ 125,00                                                    | ○ 125,00    | ●           | ●           |
| 29 | Câble simple, longueur en m/Fr.                                  | ● 40                                 | ● 30       | ○ 3 / 75,00                                                 | ○ 3 / 75,00 | ○ 3 / 75,00 | ○ 3 / 75,00 |
| 30 | Câble multiconducteur, longueur en m/Fr.                         |                                      | ● 20       |                                                             |             |             |             |
| 31 | Longueur supplément. (câble simple), Fr./m                       | ○ 2,75                               | ○ 2,75     | ○ 5,00                                                      | ○ 5,00      | ○ 5,00      | ○ 5,00      |
| 32 | Longueur suppl. (câble multiconduct.), Fr./m                     |                                      | ○ 2,75     |                                                             |             |             |             |
| 33 | Poulie(s) de renvoi du câble, par pièce                          |                                      |            |                                                             |             |             |             |
|    | <b>Equipement supplémentaire</b>                                 |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 34 | Syst. de commande p. les fourneaux à mazout                      |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 35 | Syst. de commande p. les pompes à chaleur                        |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 36 | Syst. de commande pour un 2 <sup>ème</sup> tas de foin           |                                      |            | ○ 290,00                                                    | ○ 290,00    | ○ 290,00    | ○ 290,00    |
|    | <b>Maniement et contrôle</b>                                     |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 37 | Mode d'emploi                                                    | ●                                    | ●          |                                                             |             |             |             |
| 38 | Contrôle de fonctionnement                                       | ●                                    | ●          |                                                             |             |             |             |
| 39 | Instructions de montage                                          | ●                                    | ●          | ●                                                           | ●           | ●           | ●           |
|    | <b>Commande de démarrage du moteur</b>                           |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 40 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 3 kW                      | ○ 894,60                             | ○ 926,55   | ● 1290,00                                                   | ● 1140,00   | ● 1550,00   | ● 1750,00   |
| 41 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 4 kW                      | ○ 894,60                             | ○ 926,55   | ● 1610,00                                                   | ● 1460,00   | ● 1970,00   | ● 2170,00   |
| 42 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 5,5 kW                    | ○ 915,90                             | ○ 947,85   | ● 1610,00                                                   | ● 1460,00   | ● 1970,00   | ● 2170,00   |
| 43 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 7,5 kW                    | ○ 915,90                             | ○ 947,85   | ● 1640,00                                                   | ● 1490,00   | ● 2000,00   | ● 2200,00   |
| 44 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 11 kW                     | ○ 990,45                             | ○ 1022,40  | ● 1710,00                                                   | ● 1560,00   | ● 2060,00   | ● 2260,00   |
| 45 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 15 kW                     | ○ 1043,70                            | ○ 1075,65  | ● 1810,00                                                   | ● 1660,00   | ● 2160,00   | ● 2360,00   |
| 46 | Syst. de démarrage souple, à partir de 4 kW                      |                                      |            | ○ 1864,00                                                   | ○ 1864,00   | ○ 1864,00   | ○ 1864,00   |
| 47 | Syst. de démarrage souple, à partir de 9,5 kW                    | ○ 1799,85                            | ○ 1799,85  | ○ 2080,00                                                   | ○ 2080,00   | ○ 2080,00   | ○ 2080,00   |
| 48 | Syst. de démarrage souple, à partir de 15 kW                     | ○ 1853,10                            | ○ 1853,10  | ○ 2215,00                                                   | ○ 2215,00   | ○ 2215,00   | ○ 2215,00   |
|    | <b>Plusieurs ventilateurs par tas</b>                            |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 49 | Démarrage échelonné avec 2 moteurs                               |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 50 | Démarrage échelonné avec 3 moteurs                               |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 51 | Démarrage échelonné avec 4 moteurs                               |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 52 | Démarrage échelonné avec 5 moteurs                               |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 53 | Démarrage échelonné avec 6 moteurs                               |                                      |            |                                                             |             |             |             |
|    | <b>Garantie</b>                                                  |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| 54 | Garantie, an(s)                                                  | 1                                    | 1          | 2                                                           | 2           | 2           | 2           |
|    | <b>Explications</b>                                              |                                      |            |                                                             |             |             |             |
| ●  | Compris dans l'équipement de base                                | Pos. 21: aussi eau absor-            |            | Pos. 29: avec équipement d. base (montage compris)          |             |             |             |
| ○  | En option, contre un supplément de prix                          | bée en g/m <sup>3</sup> d'air, date, |            | Pos. 36: seulement avec pos. 41 - 45 ou 46 - 48             |             |             |             |
|    |                                                                  | heure, etc.                          |            | Pos. 40: seulement contacteur et coupe-circuit              |             |             |             |
|    |                                                                  |                                      |            | Pos. 40 - 45: prix d. l'appareil avec syst. étoile-triangle |             |             |             |

Tableau 2. Données techniques et prix des appareils de commande

(2<sup>ème</sup> partie)

| 1  | Marque                                                            | S + S                                                | S + S      | S+S/He.-Ge. | S+S/He.-Ge. | Optimatik         | Optimatik    |
|----|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------------|--------------|
| 2  | Type                                                              | LX - Hygro                                           | MF - Hygro | LX - SDA    | MF - SDA    | Mul.2000LX        | Mul.2000MF   |
| 3  | Appareil n°                                                       | 7                                                    | 8          | 9           | 10          | 11                | 12           |
| 3  | Prix de base, Fr.                                                 |                                                      |            |             |             | 2480,00           | 2480,00      |
|    | <b>Fonctions</b>                                                  |                                                      |            |             |             |                   |              |
| 4  | Sans microprocesseur                                              | ●                                                    | ●          | ●           | ●           |                   |              |
| 5  | Avec microprocesseur                                              |                                                      |            |             |             | ●                 | ●            |
| 6  | Humidité de l'air aspiré, %                                       | ●                                                    | ●          | ●           | ●           | ●                 | ●            |
| 7  | Température de l'air aspiré, °C                                   |                                                      |            | ●           | ●           | ●                 | ●            |
| 8  | Déficiences de saturation de l'air aspiré, g/m <sup>3</sup>       |                                                      |            | ●           | ●           | ●                 | ●            |
| 9  | Humidité de l'air sortant du tas, %                               |                                                      |            |             |             | ●                 | ●            |
| 10 | Température de l'air sortant du tas, °C                           |                                                      |            |             |             | ●                 | ●            |
| 11 | Déficiences de saturation de l'air sort. du tas, g/m <sup>3</sup> |                                                      |            |             |             | ●                 | ●            |
|    | <b>Equipement</b>                                                 |                                                      |            |             |             |                   |              |
| 12 | Sonde(s), nombre                                                  |                                                      |            | ● 1         | ● 1         | ● 3               | ● 3          |
| 13 | Sonde(s) supplémentaire(s), Fr.                                   |                                                      |            |             |             | ○ 332,00          | ○ 332,00     |
| 14 | Hygrostat                                                         | ● réglable                                           | ● réglable |             |             |                   |              |
| 15 | Affichage de l'humidité de l'air aspiré, %                        |                                                      |            |             |             | ●                 | ●            |
| 16 | Affichage de la température de l'air aspiré, °C                   |                                                      |            |             |             | ●                 | ●            |
| 17 | Affichage de la déficiences de saturation, g/m <sup>3</sup>       |                                                      |            |             |             |                   |              |
| 18 | Affichage de l'humidité de l'air sort. du tas, %                  |                                                      |            |             |             | ●                 | ●            |
| 19 | Affichage de la temp. de l'air sortant du tas, °C                 |                                                      |            |             |             | ●                 | ●            |
| 20 | Choix du degré d'humidité du tas                                  |                                                      |            |             |             |                   |              |
| 21 | Affichage du degré d'humidité du tas, % MS                        |                                                      |            |             |             | ●                 | ●            |
| 22 | Minuterie mécanique, min                                          | ● 10                                                 | ● 10       | ● 10        | ● 10        |                   |              |
| 23 | Générateur d'impulsions/minuterie électronique                    |                                                      |            |             |             | ●                 | ●            |
| 24 | Choix d. la durée d. intervalles, min; ( ) = autom.               |                                                      |            |             |             | ● (15 - 30)       | ● (15 - 30)  |
| 25 | Choix de la durée des pauses, h; ( ) = automat.                   |                                                      |            |             |             | ● (1 - 72)        | ● (1 - 72)   |
| 26 | Interrupteur pour ventilation intermitt. seule, Fr.               |                                                      |            |             |             |                   |              |
| 27 | Ventilation de démarrage, durée (h)                               |                                                      |            |             |             | ● 8, 4, 2, 1      | ● 8, 4, 2, 1 |
| 28 | Compteur d'heures de service                                      |                                                      |            |             |             | ●                 | ●            |
| 29 | Câble simple, longueur en m/Fr.                                   | ● 12                                                 | ● 12       | ● 30        | ● 30        |                   |              |
| 30 | Câble multiconducteur, longueur en m/Fr.                          |                                                      |            |             |             |                   |              |
| 31 | Longueur supplément. (câble simple), Fr./m                        |                                                      |            |             |             | ○ 4,00            | ○ 4,00       |
| 32 | Longueur suppl. (câble multiconduct.), Fr./m                      |                                                      |            |             |             |                   |              |
| 33 | Poulie(s) de renvoi du câble, par pièce                           |                                                      |            |             |             | ○ 9,00            | ○ 9,00       |
|    | <b>Equipement supplémentaire</b>                                  |                                                      |            |             |             |                   |              |
| 34 | Syst. de commande p. les fourneaux à mazout                       |                                                      |            |             |             | ○ 510,00          | ○ 510,00     |
| 35 | Syst. de commande p. les pompes à chaleur                         |                                                      |            |             |             |                   |              |
| 36 | Syst. de commande pour un 2 <sup>ème</sup> tas de foin            |                                                      |            |             |             |                   |              |
|    | <b>Maniement et contrôle</b>                                      |                                                      |            |             |             |                   |              |
| 37 | Mode d'emploi                                                     | ●                                                    | ●          | ●           | ●           | ●                 | ●            |
| 38 | Contrôle de fonctionnement                                        | ●                                                    | ●          | ●           | ●           | ●                 | ●            |
| 39 | Instructions de montage                                           | ●                                                    | ●          | ●           | ●           | ●                 | ●            |
|    | <b>Commande de démarrage du moteur</b>                            |                                                      |            |             |             |                   |              |
| 40 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 3 kW                       | ● 1060,00                                            |            | ● 1240,00   |             |                   |              |
| 41 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 4 kW                       | ● 1290,00                                            |            | ● 1470,00   |             | ○ 730,00          |              |
| 42 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 5,5 kW                     | ● 1290,00                                            |            | ● 1470,00   |             | ○ 730,00          |              |
| 43 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 7,5 kW                     | ● 1290,00                                            |            | ● 1470,00   |             | ○ 730,00          |              |
| 44 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 11 kW                      | ● 1440,00                                            |            | ● 1620,00   |             | ○ 800,00          |              |
| 45 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 15 kW                      | ● 1440,00                                            |            | ● 1620,00   |             | ○ 910,00          |              |
| 46 | Syst. de démarrage souple, à partir de 4 kW                       |                                                      |            |             |             |                   |              |
| 47 | Syst. de démarrage souple, à partir de 9,5 kW                     |                                                      |            |             |             |                   |              |
| 48 | Syst. de démarrage souple, à partir de 15 kW                      |                                                      |            |             |             |                   |              |
|    | <b>Plusieurs ventilateurs par tas</b>                             |                                                      | 3+4 kW     | -7.5 kW     | 3+4 kW      | -7.5 kW           | 3+4 kW       |
| 49 | Démarrage échelonné avec 2 moteurs                                |                                                      | ● 1300,00  | ● 2170,00   | ● 1480,00   | ○ 1500,00         | ○ 880,00     |
| 50 | Démarrage échelonné avec 3 moteurs                                |                                                      | ● 1580,00  | ● 2870,00   | ● 1760,00   | ○ 2200,00         | ○ 1160,00    |
| 51 | Démarrage échelonné avec 4 moteurs                                |                                                      | ● 1810,00  |             | ● 1990,00   |                   | ○ 1390,00    |
| 52 | Démarrage échelonné avec 5 moteurs                                |                                                      | ● 2490,00  |             | ● 2670,00   |                   | ○ 2070,00    |
| 53 | Démarrage échelonné avec 6 moteurs                                |                                                      | ● 2740,00  |             | ● 2920,00   |                   | ○ 2320,00    |
|    | <b>Garantie</b>                                                   |                                                      |            |             |             |                   |              |
| 54 | Garantie, an(s)                                                   | 2                                                    | 2          | 2           | 2           | 2                 | 2            |
|    | <b>Explications</b>                                               |                                                      |            |             |             |                   |              |
| ●  | Compris dans l'équipement de base                                 | Pos. 3: seulement avec pos. 40 - 45 ou 49 - 53       |            |             |             | Pos. 27: réglable |              |
| ○  | En option, contre un supplément de prix                           | Pos. 40, 49 - 53: démarrage direct p. mot. de 3-4 kW |            |             |             |                   |              |
|    |                                                                   | Pos. 40 - 45, 49 - 53: prix de l'appareil avec com-  |            |             |             |                   |              |
|    |                                                                   | mande de démarrage du moteur                         |            |             |             |                   |              |

# Rapports FAT no 478: Appareils de commande pour le séchage en grange

Tableau 2. Données techniques et prix des appareils de commande

(3<sup>ème</sup> partie)

| 1  | Marque                                                           | Optimatik    | Optimatik    | Optimatik | Optimatik | Micro-Sec                 | Micro-Sec   |
|----|------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|
| 2  | Type                                                             | HB-5         | HB-6         | HB-10     | HB-11     | HB - 20                   | HB - 20 ST  |
|    | Appareil n°                                                      | 13           | 14           | 15        | 16        | 17                        | 18          |
| 3  | Prix de base, Fr.                                                | 2480,00      | 2990,00      | 1385,00   | 1585,00   | 1890,00                   | 2395,00     |
|    | <b>Fonctions</b>                                                 |              |              |           |           |                           |             |
| 4  | Sans microprocesseur                                             |              |              |           |           | ●                         | ●           |
| 5  | Avec microprocesseur                                             | ●            | ●            | ●         | ●         |                           |             |
| 6  | Humidité de l'air aspiré, %                                      | ●            | ●            | ●         | ●         | ●                         | ●           |
| 7  | Température de l'air aspiré, °C                                  | ●            | ●            | ●         | ●         | ●                         | ●           |
| 8  | Déficiance de saturation de l'air aspiré, g/m <sup>3</sup>       | ●            | ●            | ●         | ●         | ●                         | ●           |
| 9  | Humidité de l'air sortant du tas, %                              | ●            | ●            |           |           |                           |             |
| 10 | Température de l'air sortant du tas, °C                          | ●            | ●            |           |           |                           | ●           |
| 11 | Déficiance de saturation de l'air sort. du tas, g/m <sup>3</sup> | ●            | ●            |           |           |                           |             |
|    | <b>Equipement</b>                                                |              |              |           |           |                           |             |
| 12 | Sonde(s), nombre                                                 | ● 3          | ● 3          | ● 1       | ● 1       | ● 1                       | ● 3         |
| 13 | Sonde(s) supplémentaire(s), Fr.                                  | ○ 333,00     | ○ 333,00     | ○ 333,00  | ○ 333,00  |                           | ○           |
| 14 | Hygrostat                                                        |              |              |           |           |                           |             |
| 15 | Affichage de l'humidité de l'air aspiré, %                       | ●            | ●            | ●         | ●         | ●                         | ●           |
| 16 | Affichage de la température de l'air aspiré, °C                  | ●            | ●            | ●         | ●         | ●                         | ●           |
| 17 | Affichage de la déficiance de saturation, g/m <sup>3</sup>       | ●            | ●            |           |           |                           |             |
| 18 |                                                                  | ●            | ●            |           |           |                           |             |
| 19 | Affichage de la temp. de l'air sortant du tas, °C                | ●            | ●            |           |           |                           |             |
| 20 | Choix du degré d'humidité du tas                                 |              |              | ●         | ●         | ●                         | ●           |
| 21 | Affichage du degré d'humidité du tas, % MS                       | ●            | ●            |           |           |                           |             |
| 22 | Minuterie mécanique, min                                         | ○            | ○            | ○         | ○         |                           |             |
| 23 | Générateur d'impulsions/minuterie électronique                   | ●            | ●            | ○         | ○         | ●                         | ●           |
| 24 | Choix d. la durée d. intervalles, min; ( ) = automat.            | ● (15 - 30)  | ● (15 - 30)  |           |           | ● 20 - 60                 | ● 20 - 60   |
| 25 | Choix de la durée des pauses, h; ( ) = automat.                  | ● (1 - 72)   | ● (1 - 72)   |           |           | ● 1 - 26.5                | ● 1 - 26.5  |
| 26 | Interrupteur pour ventilation intermitt. seule, Fr.              |              |              |           |           | ●                         | ●           |
| 27 | Ventilation de démarrage, durée (h)                              | ● 1, 2, 4, 8 | ● 1, 2, 4, 8 | ● 1       | ● 1       | ● 0.75                    | ● 0.75      |
| 28 | Compteur d'heures de service                                     | ●            | ●            | ●         | ●         | ●                         | ●           |
| 29 | Câble simple, longueur en m/Fr.                                  |              |              | ● 10      | ● 10      | ○ 1 / 60,00               | ○ 1 / 60,00 |
| 30 | Câble multiconducteur, longueur en m/Fr.                         |              |              |           |           |                           | ○           |
| 31 | Longueur supplém. (câble simple), Fr./m                          | ○ 3,20       | ○ 3,20       | ○ 3,20    | ○ 3,20    | ○ 5,00                    | ○ 5,00      |
| 32 | Longueur suppl. (câble multiconduct.), Fr./m                     | ○ 7,10       | ○ 7,10       | ○ 7,10    | ○ 7,10    |                           | ○           |
| 33 | Poulie(s) de renvoi du câble, par pièce                          | ○ 7,50       | ○ 7,50       | ○ 7,50    | ○ 7,50    |                           | ○           |
|    | <b>Equipement supplémentaire</b>                                 |              |              |           |           |                           |             |
| 34 | Syst. de commande p. les fourneaux à mazout                      |              | ●            |           | ●         | ○                         | ○           |
| 35 | Syst. de commande p. les pompes à chaleur                        |              | ●            |           | ●         | ○                         | ○           |
| 36 | Syst. de commande pour un 2 <sup>ème</sup> tas de foin           | ○ 373,00     | ○ 373,00     |           |           | ○                         | ○           |
|    | <b>Maniement et contrôle</b>                                     |              |              |           |           |                           |             |
| 37 | Mode d'emploi                                                    | ●            | ●            | ●         | ●         | ●                         | ●           |
| 38 | Contrôle de fonctionnement                                       | ●            | ●            | ●         | ●         | ●                         | ●           |
| 39 | Instructions de montage                                          | ●            | ●            | ●         | ●         | ●                         | ●           |
|    | <b>Commande de démarrage du moteur</b>                           |              |              |           |           |                           |             |
| 40 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 3 kW                      |              |              |           |           | ○                         | ○           |
| 41 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 4 kW                      |              |              |           |           | ○                         | ○           |
| 42 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 5,5 kW                    | ○ 700,00     | ○ 700,00     | ○ 700,00  | ○ 700,00  | ○ 825,00                  | ○ 825,00    |
| 43 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 7,5 kW                    | ○ 725,00     | ○ 725,00     | ○ 725,00  | ○ 725,00  | ○ 825,00                  | ○ 825,00    |
| 44 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 11 kW                     | ○ 800,00     | ○ 800,00     | ○ 800,00  | ○ 800,00  | ○ 825,00                  | ○ 825,00    |
| 45 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 15 kW                     | ○ 870,00     | ○ 870,00     | ○ 870,00  | ○ 870,00  | ○ 1310,00                 | ○ 1310,00   |
| 46 | Syst. de démarrage souple, à partir de 4 kW                      |              |              |           |           |                           |             |
| 47 | Syst. de démarrage souple, à partir de 9,5 kW                    |              |              |           |           |                           |             |
| 48 | Syst. de démarrage souple, à partir de 15 kW                     |              |              |           |           |                           |             |
|    | <b>Plusieurs ventilateurs par tas</b>                            |              |              |           |           |                           |             |
| 49 | Démarrage échelonné avec 2 moteurs                               |              |              |           |           | ○                         | ○           |
| 50 | Démarrage échelonné avec 3 moteurs                               |              |              |           |           |                           |             |
| 51 | Démarrage échelonné avec 4 moteurs                               |              |              |           |           |                           |             |
| 52 | Démarrage échelonné avec 5 moteurs                               |              |              |           |           |                           |             |
| 53 | Démarrage échelonné avec 6 moteurs                               |              |              |           |           |                           |             |
|    | <b>Garantie</b>                                                  |              |              |           |           |                           |             |
| 54 | Garantie, an(s)                                                  | 2            | 2            | 2         | 2         | 2                         | 2           |
|    | <b>Explications</b>                                              |              |              |           |           |                           |             |
| ●  | Compris dans l'équipement de base                                |              |              |           |           | Pos. 23: à six paliers    |             |
| ○  | En option, contre un supplément de prix                          |              |              |           |           | Pos. 24 et 25: manuel     |             |
|    |                                                                  |              |              |           |           | et automatique            |             |
|    |                                                                  |              |              |           |           | Sondes et app. avec fiche |             |

Tableau 2. Données techniques et prix des appareils de commande

(4<sup>ème</sup> partie)

| 1  | Marque                                                           | Pico-Sec                             | Pico-Sec    | Stabag                   | Stabag            | Zumstein  | Micro-Sec |
|----|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------|--------------------------|-------------------|-----------|-----------|
| 2  | Type                                                             | HB - 15 F                            | HB - 15 S   | Hyg. St.                 | ELSt./ALSt.       | Typ 84    | HB - 8    |
|    | Appareil n°                                                      | 19                                   | 20          | 21                       | 22 / 23           | 24        | 25        |
| 3  | Prix de base, Fr.                                                | 1145,00                              | 1395,00     |                          | 1250,00           |           | 1777,00   |
|    | <b>Fonctions</b>                                                 |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 4  | Sans microprocesseur                                             | ●                                    | ●           | ●                        | ●                 | ●         |           |
| 5  | Avec microprocesseur                                             |                                      | ●           |                          |                   |           | ●         |
| 6  | Humidité de l'air aspiré, %                                      | ●                                    | ●           | ●                        | ●                 | ●         | ●         |
| 7  | Température de l'air aspiré, °C                                  |                                      | ●           |                          |                   | ●         | ●         |
| 8  | Déficience de saturation de l'air aspiré, g/m <sup>3</sup>       |                                      | ●           |                          |                   |           | ●         |
| 9  | Humidité de l'air sortant du tas, %                              |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 10 | Température de l'air sortant du tas, °C                          |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 11 | Déficience de saturation de l'air sort. du tas, g/m <sup>3</sup> |                                      |             |                          |                   |           |           |
|    | <b>Equipement</b>                                                |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 12 | Sonde(s), nombre                                                 | ● 1                                  | ● 1         | ● 1                      | ● 1               |           | ● 1       |
| 13 | Sonde(s) supplémentaire(s), Fr.                                  |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 14 | Hygrostat                                                        |                                      |             | ● réglable               |                   | ● 1       |           |
| 15 | Affichage de l'humidité de l'air aspiré, %                       | ●                                    | ●           | ●                        | ●                 | ●         | ●         |
| 16 | Affichage de la température de l'air aspiré, °C                  |                                      | ●           |                          |                   | ●         | ●         |
| 17 | Affichage de la déficience de saturation, g/m <sup>3</sup>       |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 18 | Affichage de l'humidité de l'air sort. du tas, %                 |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 19 | Affichage de la temp. de l'air sortant du tas, °C                |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 20 | Choix du degré d'humidité du tas                                 | ●                                    | ●           |                          |                   | ●         |           |
| 21 | Affichage du degré d'humidité du tas, % MS                       |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 22 | Minuterie mécanique, min                                         |                                      |             | ● 15                     |                   |           |           |
| 23 | Générateur d'impulsions/minuterie électronique                   | ●                                    | ●           |                          | ● variable        | ●         | ●         |
| 24 | Choix d. la durée d. intervalles, min; ( ) = automat.            | ● 20 - 60                            | ● 20 - 60   |                          |                   | 8 - 60    | réglable  |
| 25 | Choix de la durée des pauses, h; ( ) = automat.                  | ● 1 - 26.5                           | ● 1 - 26.5  |                          |                   | 1 - 8     | automat.  |
| 26 | Interrupteur pour ventilation intermitt. seule, Fr.              | ●                                    | ●           |                          |                   |           |           |
| 27 | Ventilation de démarrage, durée (h)                              | ● 0.75                               | ● 0.75      |                          |                   |           |           |
| 28 | Compteur d'heures de service                                     | ○ 95,00                              | ○ 95,00     | ○                        | ○                 |           | ●         |
| 29 | Câble simple, longueur en m/Fr.                                  | ○ 1 / 60,00                          | ○ 1 / 60,00 |                          |                   | ●         |           |
| 30 | Câble multiconducteur, longueur en m/Fr.                         |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 31 | Longueur suppl. (câble simple), Fr./m                            | ○ 5,00                               | ○ 5,00      |                          |                   |           |           |
| 32 | Longueur suppl. (câble multiconduct.), Fr./m                     |                                      |             |                          | ●                 | ○ 2,10    | ○ 2,10    |
| 33 | Poulie(s) de renvoi du câble, par pièce                          |                                      |             |                          |                   |           |           |
|    | <b>Equipement supplémentaire</b>                                 |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 34 | Syst. de commande p. les fourneaux à mazout                      | ○                                    | ○           |                          |                   |           |           |
| 35 | Syst. de commande p. les pompes à chaleur                        | ○                                    | ○           |                          |                   |           |           |
| 36 | Syst. de commande pour un 2 <sup>ème</sup> tas de foin           | ○                                    | ○           |                          |                   | ○ 651,00  | ○ 651,00  |
|    | <b>Maniement et contrôle</b>                                     |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 37 | Mode d'emploi                                                    | ●                                    | ●           |                          |                   |           | ●         |
| 38 | Contrôle de fonctionnement                                       | ●                                    | ●           | ●                        | ●                 |           | ●         |
| 39 | Instructions de montage                                          | ●                                    | ●           |                          |                   | ●         | ●         |
|    | <b>Commande de démarrage du moteur</b>                           |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 40 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 3 kW                      | ○                                    | ○           | ● 1410,00                | ● 2000,00         | ● 1995,00 | ○ 651,00  |
| 41 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 4 kW                      | ○                                    | ○           | ● 1410,00                | ● 2000,00         | ● 1995,00 | ○ 651,00  |
| 42 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 5,5 kW                    | ○ 825,00                             | ○ 825,00    | ● 1410,00                | ● 2000,00         | ● 1995,00 | ○ 651,00  |
| 43 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 7,5 kW                    | ○ 825,00                             | ○ 825,00    | ● 1410,00                | ● 2000,00         | ● 1995,00 | ○ 651,00  |
| 44 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 11 kW                     | ○ 825,00                             | ○ 825,00    | ● 1495,00                | ● 2055,00         | ● 1995,00 | ○ 771,00  |
| 45 | Combinaison étoile-triangle, moteur de 15 kW                     | ○ 1310,00                            | ○ 1310,00   | ● 1495,00                | ● 2055,00         | ● 1995,00 | ○ 771,00  |
| 46 | Syst. de démarrage souple, à partir de 4 kW                      |                                      |             |                          |                   | ○         | ○         |
| 47 | Syst. de démarrage souple, à partir de 9,5 kW                    |                                      |             |                          |                   | ○         | ○         |
| 48 | Syst. de démarrage souple, à partir de 15 kW                     |                                      |             |                          |                   | ○         | ○         |
|    | <b>Plusieurs ventilateurs par tas</b>                            |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 49 | Démarrage échelonné avec 2 moteurs                               | ○                                    | ○           | ○ -9.2 kW 735,00         | ○ -9.2 kW 735,00  |           |           |
| 50 | Démarrage échelonné avec 3 moteurs                               |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 51 | Démarrage échelonné avec 4 moteurs                               |                                      |             | ○ -18.5 kW 790,00        | ○ -18.5 kW 790,00 |           |           |
| 52 | Démarrage échelonné avec 5 moteurs                               |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 53 | Démarrage échelonné avec 6 moteurs                               |                                      |             |                          |                   |           |           |
|    | <b>Garantie</b>                                                  |                                      |             |                          |                   |           |           |
| 54 | Garantie, an(s)                                                  | 2                                    | 2           | 2                        | 2                 | 1         | 1         |
|    | <b>Explications</b>                                              |                                      |             |                          |                   |           |           |
| ●  | Compris dans l'équipement de base                                | Pos. 23: à six paliers               |             | Pos. 3: ELSt. sans comm. |                   |           |           |
| ○  | En option, contre un supplément de prix                          | Pos. 24 et 25: manuel et automatique |             | de démarrage du moteur   |                   |           |           |
|    |                                                                  | Sonde et app. avec fiche             |             | ALSt.                    |                   |           |           |

## Commande automatique

Les appareils qui tiennent également compte de l'air sortant du tas offrent le plus de confort. L'air d'échappement est contrôlé à l'aide d'une ou de plusieurs sondes. L'appareil 1 fonctionne selon ce principe. Il mesure la température de l'air à l'entrée et à la sortie du tas. Tant que l'air d'échappement est plus froid que l'air aspiré, l'appareil de commande passe en marche continue, autrement en marche intermittente.

Lorsque le tas de foin refroidit fortement pendant la nuit et que le ventilateur aspire de l'air plus chaud le matin, pendant un intervalle, l'appareil de commande risque de passer en marche continue bien que l'air de séchage soit encore très humide. Cela ne peut pas arriver si l'appareil mesure, outre la température, le taux d'humidité de l'air à l'entrée du tas (appareils 2 et 18).

Les appareils 11, 12, 13 et 14 sont équipés d'une sonde qui mesure l'air à proximité de l'ouverture d'aspiration du ventilateur, et d'une à trois sondes qui mesurent l'air d'échappement environ un demi-mètre au-dessus de la surface du tas. Les sondes sont interchangeableables. Les valeurs mesurées (température et humidité relative de l'air) sont transmises à un microprocesseur. Celui-ci convertit l'humidité relative de l'air en des valeurs absolues (g d'eau par m<sup>3</sup> d'air) et calcule la différence entre l'air aspiré et l'air d'échappement. Tant que l'air absorbe une certaine quantité d'eau (par ex. jusqu'à 0,2 g/m<sup>3</sup>), l'appareil de commande passe en marche continue. Les durées des intervalles et des pauses dépendent de la température et de l'humidité relative de l'air de séchage, de la teneur en MS du foin et de la phase de séchage final.

## Quel est l'appareil de commande le plus approprié?

Les prix et les données techniques indiqués dans le tableau 2 nous ont été communiqués par les distributeurs. Certains critères pour le choix de l'appareil approprié sont présentés dans le tableau 3.

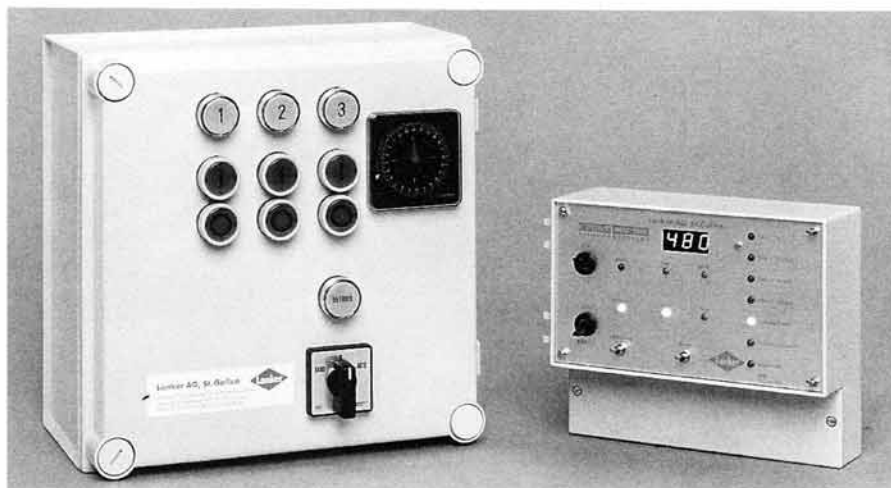


Fig. 4. Appareil de commande pour une installation de séchage à trois ventilateurs

**Prix:** les prix indiqués dans le tableau 3 sont les prix moyens de chaque catégorie d'appareils. La taxe à la valeur ajoutée est comprise. Les détails sont listés dans le tableau 2.

**Fonctionnement:** les appareils compliqués, tombés en panne doivent pouvoir être réparés rapidement et facilement. Quelques fournisseurs offrent des pièces de rechange pouvant aussi être montées par des personnes qui ne sont pas du métier. Les sondes d'humidité de l'air doivent être étalonnées ou comparées au moins une fois par an.

**Efficacité:** un appareil de commande est d'autant plus efficace et la consommation d'énergie d'autant moins élevée que l'appareil règle bien la durée de ventilation, qu'il prévient toute réhumidification du foin et ne permet que les intervalles absolument nécessaires.

**Maniement:** afin de savoir régler l'hygrostat, il faut connaître la courbe d'équilibre de l'humidité, c'est-à-dire le taux d'humidité relative de l'air et la teneur en MS du foin auxquels aura lieu un séchage ou une réhumidification du tas. Dans les appareils pour lesquels

l'utilisateur choisit l'état d'humidité du tas, cette courbe est préprogrammée. Suivant le genre de fourrage et la teneur en fibres brutes, les valeurs réelles peuvent s'écarter des valeurs programmées. Les appareils de commande automatique calculent directement la quantité d'eau éliminée. Des modes d'emploi détaillés et des dispositifs permettant de contrôler le fonctionnement ou de tester les appareils aident à éviter des erreurs ou des omissions dans le maniement.

**Expérience:** une certaine expérience est nécessaire pour savoir estimer l'état du foin et choisir le bon moment pour changer le mode de séchage. Les chefs d'exploitation qui n'ont pas d'expérience en matière de séchage en grange et ceux qui paient un prix élevé pour le courant devraient recourir à une commande automatique. Les agriculteurs expérimentés réussiront aussi avec les autres systèmes. A noter toutefois qu'aucun appareil de commande ne remplace l'inspection quotidienne du tas de foin!

Traduction: Peter Rosenstiel, FAT

Tableau 3. Critères d'évaluation des appareils de commande

| Critère               | Hygrostat   | Hygromètre + humidité du tas | Déficiences de saturation + humidité du tas | Commande automat. avec 2 sondes ou plus |
|-----------------------|-------------|------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Prix (Fr.)            | 1350.-      | 1075.-*                      | 1500.-*                                     | 2500.-*                                 |
| Fonctionnement        | très simple | simple                       | plutôt compliqué                            | compliqué                               |
| Efficacité            | faible      | moyenne                      | élevée                                      | très élevée                             |
| Maniement             | difficile   | facile                       | facile                                      | très facile                             |
| Expérience nécessaire | beaucoup    | quelque                      | quelque                                     | peu                                     |

\* Ces types d'appareils sont également livrables sans combinaison étoile-triangle