

LES DIFFÉRENTS TYPES D'INSTALLATIONS DE SÉCHAGE DE FOURRAGES, LEUR ORGANISATION, LEUR CONDUITE ET LEUR PRIX DE REVIENT

1^{re} partie : CARACTÉRISTIQUES DES INSTALLATIONS (surface - ventilation...) ET LEUR CONDUITE

LA PRÉSENTE COMMUNICATION A ESSENTIELLEMENT POUR BUT DE FAIRE LE POINT SUR LA TECHNIQUE DE LA VENTILATION DU FOURRAGE.

Une enquête portant sur cent installations parmi les quelque quatre cents existantes en 1962, a permis de recueillir un grand nombre de renseignements portant sur leurs caractéristiques principales, leur utilisation, le prix de revient du séchage et son efficacité.

Cette communication se limite à l'étude des deux premiers points et essaie de dégager les tendances qui se font jour à la lumière de l'expérience acquise ces dernières années.

I. — CARACTÉRISTIQUES DES INSTALLATIONS.

1^o Types et importance des installations.

Le type d'installation de beaucoup le plus répandu est celui qui comporte un ventilateur hélicoïde et un système de répartition d'air constitué par une gaine et un caillebotis.

D'après les renseignements recueillis, la surface des aires de séchage varie entre 30 et 200 m². Elle est, en moyenne, de l'ordre de 80 m².

par
B. Descrozailles

Le fourrage est empilé sur l'aire de ventilation, sous une épaisseur variant de 2 à 12 m. La hauteur moyenne du tas de foin est de 5 m.

Il en résulte que la capacité moyenne des aires de séchage est de l'ordre de 35 t de foin sec.

2° Caractéristiques du ventilateur.

— Les ventilateurs utilisés pour le séchage du fourrage sont des ventilateurs hélicoïdes, en général accouplés directement à un moteur électrique asynchrone à rotor en court-circuit, à double ou triple cage, tournant le plus souvent à 1.500 tr/mn.

— Les courbes caractéristiques de ces ventilateurs ne sont pas toujours connues avec exactitude et précision car, jusqu'à présent, un petit nombre seulement d'entre eux a fait l'objet d'essais par un Organisme officiel.

Par ailleurs, les pressions de fonctionnement sont encore très mal connues, de sorte qu'il est très difficile d'évaluer les débits réels envoyés dans le fourrage.

Néanmoins, en admettant, selon les données fournies par le C.N.E.E.M.A., une perte moyenne de pression de 8 mm/m de hauteur de fourrage, qui correspond à des vitesses d'air comprises entre 8 et 10 m/sec, on peut se livrer à une évaluation *approximative* des débits d'air.

Le tableau ci-dessous fait apparaître les débits minimum, maximum et moyen utilisés, classés par région.

Ces débits sont rapportés au m² de surface ventilée, pour la dernière couche de fourrage séché.

Débits m³/h/m² (dernière couche).

Régions	Minimum	Maximum	Moyen
Bassin Parisien et Nord	200	390	290
Ouest	160	420	290
Centre	225	340	280
Savoie	120	400	250
Jura	160	460	275
Est	190	345	245

Moyenne générale : 270 m³/h/m²

Ce tableau appelle quelques commentaires.

1° Les débits utilisés sont, pour une même région, très variables, dans le rapport de 1 à 2,5.

2° Par contre, les débits moyens varient peu suivant les régions, mises à part la Savoie et la région de l'Est, pour lesquelles les débits adoptés sont plus faibles.

Si l'on se réfère aux résultats enregistrés, on peut en conclure que, dans l'ensemble, ces débits sont corrects. Toutefois, dans l'Ouest, il serait préférable de prévoir, pour les installations futures, des débits plus élevés.

— Les puissances des ventilateurs installés sont évidemment très variables : de 2 à 10 kW.

En moyenne, la puissance installée est de 4,25 kW. Compte tenu des caractéristiques moyennes des aires de séchage, elle correspond à un rendement moyen de 55 %.

3° Système de répartition d'air.

Une remarque préliminaire s'impose : le système de répartition d'air doit être étudié avec soin. L'improvisation ou le bricolage dans ce domaine ont donné lieu à des échecs ou des semi-échecs.

A. — *En ce qui concerne la gaine.*

Il est essentiel :

— De lui donner une section intérieure suffisante. La vitesse de l'air ne doit pas dépasser 6 m/sec, soit une gaine de $1,1 \times 1,1$, pour une aire de séchage moyenne (80 m²).

— De limiter la longueur de la partie étanche à 70 cm, pour le séchage de la première couche. Tous les utilisateurs sont en effet unanimes à reconnaître que la partie amont de l'aire de séchage est toujours moins bien ventilée.

— D'aménager un caillebotis à la partie supérieure ou, à défaut, de prévoir des ouvertures obturables, utilisées pour le séchage des deuxième et troisième couches de fourrage.

— De donner aux ouvertures de sortie d'air une hauteur suffisante. La vitesse de l'air à la sortie de la gaine ne devrait pas dépasser 3 m/sec. Cela implique des ouvertures de 15 à 20 cm de haut.

Ces quelques conditions respectées, il importe peu que la gaine soit centrale ou latérale (dans ce dernier cas, toutefois, la largeur de l'aire dépasse rarement 6 m), que sa section soit constante ou décroissante.

B. — *En ce qui concerne le caillebotis.*

L'expérience a fait apparaître aussi un certain nombre d'impératifs pour assurer une bonne répartition de l'air et, partant, un séchage homogène.

— Sa présence est nécessaire dès que la largeur de l'aire se séchage dépasse 4 m.

— L'échancrure des traverses qui supportent les lattes est nécessaire.

La surélévation du faux plancher par rapport au sol doit être d'au moins 20 cm.

C. — *En ce qui concerne les bouchons.*

Signalons seulement que leur utilisation soulève un certain nombre de difficultés : choix de leur nombre, de leur emplacement, tassement du fourrage contre leurs parois, profondeur d'immersion.

Pour cette raison, l'utilisateur aura intérêt à éviter autant que possible cet aménagement supplémentaire.

Pratiquement, on n'aura recours à cet artifice que lorsque la hauteur totale du tas de fourrage dépassera 5 m.

Il faudra alors prévoir au moins un bouchon par 15 m² de surface ventilée, lui donner une hauteur de 2 m et une section à la base de 0,45 × 0,45.

II. — **CALCUL ET REALISATION DES INSTALLATIONS.**

Une installation de séchage de fourrage par ventilation se calcule.

L'élément essentiel de ce calcul est la détermination de « l'unité de séchage », surface ventilée en une seule fois.

Deux notions doivent présider au calcul de l'unité de séchage :

1° La durée du séchage ;

2° L'organisation du chantier de récolte qui réglera le rythme des apports.

— La durée du séchage devrait, théoriquement, être la plus courte possible. En fait, la limite de quatre jours, admise par les techniciens, risquerait le plus souvent de mettre en œuvre des ventilateurs gigantesques, conduisant à des investissements prohibitifs. Aussi, nous sommes partisans d'admettre une durée de ventilation, pour du fourrage rentré à 40 % d'humidité, de l'ordre de six jours.

Les résultats enregistrés confirment d'ailleurs cette opinion.

— L'organisation du chantier de récolte détermine les possibilités d'engrangement quotidien, et l'unité de séchage doit être telle qu'elle puisse traiter l'ensemble de la récolte engrangée pendant la durée de la ventilation.

Il semble que cette notion de base, nécessaire adaptation de l'installation au rythme de la récolte, soit assez méconnue. Ainsi s'expliquent quelques semi-échecs rencontrés.

L'unité de séchage peut donc être ainsi définie avec précision : c'est la surface occupée sous une hauteur maximum de 2 m, par le fourrage susceptible d'être engrangé au cours d'une semaine : il est à noter que l'engrangement peut être quotidien ou réalisé en une seule fois.

Le deuxième élément de calcul de l'installation est la détermination des caractéristiques du ou des ventilateurs nécessaires.

L'unité de séchage étant définie, et la hauteur maximum du tas de fourrage étant connue, le problème se ramène à la détermination du débit de renouvellement nécessaire.

Les bases de ce calcul sont bien connues, et ont déjà fait l'objet de communications de la part de techniciens du C.N.E.E.M.A.

Aussi, nous nous bornerons à signaler à ce sujet que la méconnaissance des conditions climatiques locales exactes oblige souvent à prévoir une marge de sécurité.

L'expérience acquise ces dernières années, à laquelle il a été fait allusion plus haut, permet de considérer que le débit unitaire de $300 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ de surface ventilée constitue un seuil de sécurité valable.

Le troisième élément du calcul d'une installation de ventilation : la détermination de la disposition et des dimensions de la gaine et des caillebotis ne pose pas de problème particulier. Les principales normes auxquelles elles doivent satisfaire ont été évoquées plus haut.

Il est dès lors possible, d'après les éléments, de dresser le plan d'exécution de l'installation projetée.

Signalons à ce sujet que l'expérience a souligné l'importance essentielle de deux conditions du succès de la ventilation :

— La présence d'orifices suffisants pour évacuation de l'air humide. Dans le cas de locaux fermés, il sera souvent plus économique d'installer un ventilateur extracteur que de percer des ouvertures ;

— L'emplacement du ventilateur, tel qu'il ne puisse reprendre de l'air humide sortant du tas de foin.

III. — UTILISATION DE L'INSTALLATION.

Le calcul et la réalisation corrects d'une installation de ventilation ne suffisent pas à en assurer la réussite.

L'élément déterminant du succès de l'opération reste l'utilisation rationnelle de l'installation.

Cette utilisation est la résultante d'un certain nombre de facteurs :

- moment de la coupe,
- temps de préfanage,
- chargement de l'aire de séchage,
- conduite de la ventilation.

— *Moment de la coupe :*

Le principal avantage de la ventilation, qui est de permettre une coupe précoce, est encore très méconnu.

Le séchage qui porte sur une luzerne en pleine floraison ou un ray-grass monté à graines, perd beaucoup de son intérêt, et les résultats ne peuvent en être spectaculaires.

— *Temps de préfanage :*

Cette notion est liée à la précédente.

En effet, on sera d'autant plus assuré de trouver un moment favorable pour effectuer la coupe que la durée du préfanage sera plus faible.

L'idéal serait de pouvoir rentrer le fourrage le jour même de la coupe.

Toutefois, des machines de préfanage actuellement sur le marché ne permettent qu'exceptionnellement d'arriver à ce résultat pour la première coupe, dans des conditions économiques valables.

Pratiquement, on admet qu'il faut en moyenne deux jours de préfanage pour obtenir du fourrage à 40-45 % d'humidité.

Si les conditions atmosphériques le permettent, on aura intérêt à prolonger le préfanage d'un jour, les frais de séchage en seront réduits.

Inversement, on pourra être amené à rentrer, en cas de risque de pluie, du fourrage encore très humide (50-55 % d'humidité).

— *Chargement de l'aire de séchage :*

Le tassement uniforme du tas est une des conditions de la réussite de la ventilation.

Pour le chargement de l'aire de séchage, les méthodes utilisées sont naturellement adaptées au conditionnement du fourrage.

Pour le fourrage en vrac, la mécanisation totale est possible, elle est toutefois rarement utilisée.

Lorsque le bâtiment s'y prête, le déchargeur à griffes apporte une solution valable au déchargement du fourrage.

Dans certaines conditions, et en particulier lorsqu'on dispose de la puissance suffisante, on peut utiliser l'aéro-engrangeur.

Toutefois, dans ce cas, il faut déplacer souvent le point de chute du fourrage, afin d'éviter un tassement irrégulier du tas.

Signalons que, dans le Jura, on utilise fréquemment un système de déchargement simple et qui évite toute irrégularité de tassement, à partir d'un pont-roulant qui se déplace au-dessus de l'aire de séchage.

Le chargement d'une remorque est élevé par un treuil et déposé sur ce pont-roulant.

Pour le fourrage pressé en balles à basse densité, on a recours le plus souvent à un élévateur du type sauterelle.

Dans ce cas, pour éviter la chute des balles toujours au même point, celles-ci sont reçues sur une petite plateforme aménagée en tête de l'élévateur.

Pour obliger l'air à traverser les balles, il est essentiel de les disposer en lits imbriqués.

— *Conduite de la ventilation :*

Les deux erreurs commises le plus souvent dans la conduite de la ventilation sont :

— une interruption de la ventilation durant la nuit, dès les premiers jours du séchage ;

— un arrêt prématuré de la ventilation, dû à une fausse appréciation de l'état de siccité du foin.

Ces deux erreurs ont pour résultat un échauffement du fourrage, signe certain de sa détérioration.

Il faut donc :

1° Soumettre le fourrage à une ventilation continue jusqu'à ce que la teneur en eau de la couche supérieure soit de 25 % environ ;

2° Ventiler seulement pendant les heures les plus favorables de la journée (en général les heures méridiennes), lorsque ce résultat est obtenu ;

3° S'assurer que le foin est vraiment sec (16-17 %) avant d'arrêter définitivement la ventilation.

Une méthode simple pour vérifier l'état de siccité du foin, consiste à remettre en service le ventilateur après une interruption de 24 heures, et à contrôler la température de l'air qui sort du tas, par rapport à celle de l'air ambiant aspiré.

En fait, le seul instrument essentiel pour bien conduire le séchage est le thermomètre.

Notons que pour le contrôle de la température du tas de fourrage, cet appareil doit être placé dans la couche supérieure qui reste humide jusqu'à la fin du séchage qui, par conséquent, risque le plus de s'échauffer.

Pratiquement, il suffira d'un thermomètre-plantoir enfoncé dans le tas de 10 à 20 cm seulement.

Tels sont les enseignements tirés de cinq années d'expérience de séchage du fourrage par ventilation.

Nous pouvons affirmer et garantir le succès des installations calculées, réalisées et conduites en tenant compte des constatations et recommandations faisant l'objet de cette communication.

B. DESCROZAILLES,
Ingénieur Agronome, E.D.F.

2^e partie : RÉSULTATS OBSERVÉS

LES OBSERVATIONS PORTANT SUR DES INSTALLATIONS EXISTANTES PERMETTENT DE PRÉCISER DE QUELLE MANIÈRE LA TECHNIQUE DU SÉCHAGE DU FOURRAGE a été appliquée ; on peut en déduire certains critères d'application. Les résultats ainsi connus ont permis de contrôler les normes diffusées et de détecter des modifications à leur apporter en fonction des impératifs techniques des exploitations agricoles.

Ces impératifs techniques ont sans aucun doute un intérêt particulier ; mais ils doivent être reliés aux conditions économiques qu'impose leur application, sinon ils seraient sans valeur.

Ces conditions économiques peuvent se placer sur quatre plans différents :

- le prix de revient des installations existantes ;
- le prix de revient du séchage du foin ;
- les résultats observés dans l'amélioration de la qualité ;
- les résultats observés lors de l'utilisation par l'animal.

I. — PRIX DE REVIENT DES INSTALLATIONS EXISTANTES

Dans le tableau I ci-après, ont été indiqués les prix de revient moyens de différentes installations classées en six régions : Bassin Parisien, Ouest, Centre, Savoie, Est et Jura.

On peut constater des différences sensibles suivant ces régions et nous citons ici deux extrêmes :

- les installations réalisées en Savoie ont un prix global égal à 1.540 F et un prix à la tonne séchée égal à 56 F ;
- dans le Jura, le prix de revient des installations est égal à 2.950 F et un prix à la tonne séchée égal à 70 F.

Peut-on, de ces chiffres qui sont des moyennes, tirer une indication permettant de définir un prix indicatif au-dessus duquel la rentabilité des installations est douteuse ?

A priori, cette hypothèse serait très séduisante et l'on pourrait citer le chiffre porté dans la colonne 8 du tableau général (I) qui est une moyenne des installations observées : 76,60 F par tonne de capacité. Cependant, ce chiffre isolé n'est pas à prendre en considération pour un jugement général ; il est absolument indispensable qu'il soit vérifié dans l'étude de chaque installation particulière.

Après cet examen très rapide des chiffres moyens par tonne indiqués, concernant les installations (ventilateur, caillebotis), il est intéressant d'examiner les raisons pour lesquelles une disparité de prix existe entre les différentes réalisations ayant les mêmes caractéristiques.

Dans le tableau II, nous avons indiqué les chiffres minima et maxima des différentes installations des régions considérées. Nous allons examiner rapidement les différents prix, d'une part des ventilateurs, d'autre part de l'installation proprement dite.

Prix des ventilateurs :

- | | | |
|------------|---|---------|
| — Savoie : | Ventilateur de 20.000 m ³ - 27 mm de pression .. | 785 F |
| | | 420 F |
| — Loire : | Ventilateur de 18.000 m ³ - 30 mm de pression .. | 2.010 F |
| | | 1.356 F |

— Doubs :	Ventilateur de 28.000 m ³ - 40 mm de pression ..	2.510 F 3.400 F
— Vendée :	Ventilateur de 21.000 m ³ - 50 mm de pression ..	1.840 F 920 F
— Aube :	Ventilateur de 28.000 m ³ - 40 mm de pression ..	2.450 F 1.060 F

Les deux chiffres comparés permettent de faire ressortir la différence de prix d'achat de deux ventilateurs ayant les mêmes caractéristiques, cette différence pouvant aller du simple au double. L'agriculteur a donc intérêt à prendre contact avec le plus grand nombre de constructeurs de ventilateurs avant de faire un choix, ce choix étant naturellement déterminé non seulement par la différence du prix d'achat, mais aussi par l'identité des caractéristiques techniques du matériel offert.

Prix des installations :

— Savoie	35 m ²	450 F
	80 m ²	300 F
— Loire	60 m ²	900 F
	60 m ²	700 F
— Ouest	64 m ²	1.200 F
	60 m ²	660 F
— Meurthe-et-Moselle	80 m ²	1.200 F
	80 m ²	2.600 F

Ces chiffres pris au hasard parmi les 126 installations examinées, démontrent d'une façon évidente que la conception même de l'installation et la participation des agriculteurs aux travaux qui permettent de la réaliser, abaissent le prix de revient de 30 à 50 %. Il est donc très difficile, pour un conseiller, de connaître d'une façon précise un prix moyen applicable dans tous les cas. Nous pouvons citer ici quelques impératifs qui permettent de conseiller aux agriculteurs des installations moins coûteuses : réaliser la gaine centrale en panneaux préfabriqués de faible épaisseur (Novopan, placoplâtre, fibre de lin), remplacer les caillebotis par des gaines secondaires, lorsque la hauteur

d'ouverture à la base de la gaine centrale dépasse 25 à 30 cm, acheter des bois dont l'épaisseur et la largeur ne sont pas surcalculés, éviter tout assemblage par mortaise et par tenon, les réaliser par clouage et boulonnage.

Pour terminer ce chapitre, nous pouvons simplement indiquer, sans jugement *a priori*, que le prix de revient moyen, en France, des gaines et des caillebotis est égal à 12,30 F le mètre carré et que le prix moyen des installations atteint 76 F par tonne de capacité.

TABLEAU I
VALEURS MOYENNES

	<i>Bassin Parisien</i> (18)	<i>Ouest</i> (10)	<i>Centre</i> (11)	<i>Savoie</i> (12)	<i>Jura</i> (26)	<i>Est</i> (19)	<i>Moyenne générale</i> (96)
Surfaces	80 m ²	73 m ²	72 m ²	72 m ²	85 m ²	95 m ²	80 m ²
Hauteur	5 m	4 m	4,50 m	4,50 m	5,4 m	6 m	5,80 m
Capacité	36 t	25 t	30 t	30 t	42 t	55 t	36,3 t
Ventilateur :							
Puissances	6 CV	4,7 CV	4,7 CV	5,3 CV	6,1 CV	6,3 CV	5,7 CV
Débit/m ²	290 m ³ /h	290 m ³ /h	280 m ³ /h	250 m ³ /h	275 m ³ /h	245 m ³ /h	272 m ³ /h
Prix de revient :							
installation	F	F	F	F	F	F	F
(au m ²)	11,90	13,80	11,25	10,20	11,70	14,75	12,30
Ventilateur	1.650	1.700	1.700	805	1.950	2.400	1.700
Total	2.600	2.700	2.520	1.540	2.950	3.810	2.700
Total/tonne	72	108	84	56	70,4	69,3	76,6
RESULTATS							
Humidité moyenne .	40 %	50 %	40 %	44 %	36 %	40 %	40,8 %
Consommation/t ...	36,8 kWh	50 kWh	42,5 kWh	56,4 kWh	30,5 kWh	29,3 kWh	40,9 kWh
Prix du kWh	0,143 F	0,10 F	0,086 F	0,071 F	0,20 F	0,14 F	0,123 F
Frais de séchage par tonne :							
Energie	5,26 F	5,00 F	3,65 F	4 F	6,1 F	4,1 F	4,68 F
Amortissement ...							
par tonne séchée .	17,20 F	21,00 F	19,15 F	13 F	15,6 F	21,5 F	17,90 F
par tonne de capacité	10,90 F	19,40 F	12,25 F	10 F	10,7 F	11,5 F	12,45 F
Total/tonne séchée	22,46 F	28,50 F	22,80 F	17 F	21,7 F	25,6 F	22,60 F
Total/tonne de capacité	16,16 F	26,00 F	15,90 F	14 F	16,8 F	15,6 F	17,20 F

TABLEAU II
CHIFFRES MINIMA-MAXIMA

<i>Régions</i>	<i>C.D.N.</i>	<i>Finistère</i>	<i>Massif Central</i>	<i>Alpes</i>	<i>Jura - Doubs</i>	<i>Est</i>	<i>Ouest</i>	<i>Bassin Parisien</i>
Nombre d'installations		1	11	12	26	19	10	18
Surface (m ²)								
Minimum		88	60	30	40	58	32	50
Maximum			100	100	135	200	160	190
Hauteur (m)								
Minimum		4 m	3,5	3,5	3	5	2	3
Maximum			6	6	12	10	7	6,5
Capacité par aire (tonne)								
Minimum		28 t	20	16	15	35	10	15
Maximum			50	50	90	130	50	65
Puissance ventilateur (CV)								
Minimum		5,7 CV	4	3,5	3	4	3	2,7
Maximum			5,5	5,5	8,3	13,5	8,2	13,5
Débit du ventilateur (m ³ /h/m ²)								
Minimum		270 m ³ /h	225	120	160	190	160	200
Maximum			340	400	460	345	420	390
Prix m ² de l'installation n.c. ventilateur								
Minimum		7 F	6,70	5	5	8	5,70	6
Maximum			16,25	14,10	25,40	26,60	22	25
Prix du ventilateur								
Minimum		1.200 F	1.100	420	600	1.200	800	600
Maximum			2.200	1.480	3.400	3.550	2.700	3.700

<i>Régions</i>	<i>C.D.N.</i>	<i>Finistère</i>	<i>Massif Central</i>	<i>Alpes</i>	<i>Jura - Doubs</i>	<i>Est</i>	<i>Ouest</i>	<i>Bassin Parisien</i>
Prix total de l'installation								
Minimum		600	1.900	820	1.570	2.400		
Maximum			3.500	2.080	5.170	7.700		
Prix total en Francs par tonne								
Minimum		66 F	35	27,3	47	33	34	40
Maximum			138	81,7	100	110	290	128
Humidité à la rentrée (%)								
Minimum			35 %	35 %	1960 : 30 % 1961 : 11,5	1960 : 40,7 % 1961 : 45 %		25 %
Maximum		47-56 %	45 %	59 %	1962 : 30 1960 : 65,6 1961 : 70 1962 : 45	1962 : 30 % 1962 : 60 %		75 %
Consommation par tonne (kW/h)								
Minimum	75,	165	1961 : 25 1962 : 30	1962 : 21,5	1960 : 10,8 1961 : 11,5 1962 : 11,6	1962 : 10	20	1962 : 5,7 kW/h (25 %)
Maximum			1961 : 45 1962 : 56	1961 : 52 1962 : 68	1960 : 65,6 1961 : 70 1962 : 134	1960 : 61,5 1961 : 50 1952 : 40	165	1961 : 53 kW/h 1962 : 93 kW/h (50 %)
Prix du kW/h								
Maximum	0,085	0,10	0,07	0,07	0,07	0,048	0,08	0,07
Minimum			0,014	0,07	0,23	0,24	0,10	0,23
Prix d'énergie/tonne								
Minimum	6,4	16,5	2,50	2,85	2,25	1,0	1,7	0,5
Maximum			6,30	4,82	30,80	9,70	16,5	21,4
Amortissement par tonne								
Minimum	54	14	10,50	7,50	7,10	13,00	10,27	7,65
Maximum			26,60	21	33,60	28,70	54	43,20
Prix de revient total/tonne								
Minimum	60,40	30,50	13,70	11,90	10,15	15,30	16,27	9,56
Maximum			29,10	25,25	41	36	60,4	52

II. — PRIX DE REVIENT DU SECHAGE PROPREMENT DIT

Le prix de revient du séchage proprement dit est composé de l'amortissement de l'installation, calculé de la manière suivante : 5 ans pour les gaines et les caillebotis et 10 ans pour les ventilateurs, et de la consommation d'énergie nécessaire au séchage du fourrage. En prenant les chiffres indiqués dans le tableau I, nous pouvons constater que la consommation en électricité varie, en moyenne, de 29 à 50 kW/h par tonne de foin séché. Cependant, si nous prenons ceux qui figurent dans le tableau II nous constatons que la consommation d'électricité par tonne peut varier de 10 à 165 kW/h. Nous avons voulu indiquer ces deux extrêmes pour mettre en évidence que citer un chiffre de consommation moyenne pourrait constituer une erreur d'appréciation grave au cours de l'estimation du prix de revient de séchage du foin. Il tombe en effet sous le sens que la consommation d'énergie est variable en fonction de l'humidité du fourrage, de celle de l'air extérieur, du rendement du ventilateur et de la conduite du séchage.

Un autre facteur intervient dans le prix du séchage : le prix du kW/h. Celui-ci varie suivant les régions et le système de tarif choisi de 0,23 à 0,07 et, dans des cas très rares, à 0,05 F (voir tableaux I et II). Cette disparité de prix a d'ailleurs soulevé des observations assez nombreuses des utilisateurs qui souhaiteraient l'application d'un tarif spécial au séchage du fourrage et à la conservation des grains.

Le troisième facteur qui influe sur le prix de revient du séchage est l'amortissement des installations (ventilateur et caillebotis). Il peut varier en moyenne de 10,90 à 19,40 F par tonne séchée et, en prenant des chiffres extrêmes, de 7,10 à 54 F (voir tableau II). Cet amortissement sera calculé, dans l'avenir, sur 8 ans (gaines + caillebotis et ventilateur), ce qui représente un chiffre annuel égal à 16 % du montant des investissements.

Cependant, malgré la disparité entre le minima et les maxima cités, nous pouvons indiquer que des essais effectués sur plusieurs années permettent de préciser les chiffres suivants : le prix total du séchage du fourrage varie suivant les régions de 29 F à 17 F par tonne séchée et de 26 F à 14 F par tonne de capacité, soit un prix moyen global en France de 23 F par tonne séchée et 17,20 F par tonne de capacité.

Ces quelques indications ont mis en évidence que le prix du séchage du fourrage est très variable suivant les régions, l'époque de la fenaison et la participation des agriculteurs aux travaux d'installation, sans oublier naturellement le choix judicieux du ventilateur et le prix de l'énergie consommée.

II. — RESULTATS OBSERVES DANS L'AMELIORATION DE LA QUALITE

Toutes les installations examinées n'ont pas fait l'objet d'un contrôle de l'amélioration de la qualité du foin, soit par rapport à un système de fenaison classique, soit par rapport à la valeur moyenne des foins récoltés dans la région. Cependant, nous avons examiné différents résultats obtenus par des analyses qui nous ont été communiquées par différents utilisateurs et qui permettront d'avoir une approximation de jugement sur l'incidence du séchage du fourrage sur la qualité de celui-ci.

TABLEAU III
ESSAIS DU C.E.T.A. DE L'HELPE MINEURE

Unités fourragères/kg		Matières azotées totales/kg		Matières azotées digestibles/kg		Matières minérales par kg		Carotène	
Ventilation	Fanage classique	Ventilation	Fanage classique	Ventilation	Fanage classique	Ventilation	Fanage classique	Ventilation	Fanage classique
0,60	0,64	126	124	79,6	80,7	76	75	108	48
0,56	0,46	157	146	97,3	82,1	95	93	114	22
0,54	0,46	99	93	47,2	44,3	75	58		
0,67	0,47	86	84	58	47	78	64		
Différence moyenne		+ 18 %	+ 5,4 %	+ 11 %		+ 12,6 %		+ 21,7 %	

L'examen du tableau III permet de faire ressortir un gain de 18 % d'unités fourragères, de 5,4 % en matière azotée totale, de 11,1 % en matière azotée digestible, de 12,6 % en matières minérales, et de 217 % en carotène. Ces résultats sont intéressants car ils indiquent d'une façon précise l'amélioration de la qualité obtenue par la ventilation, en comparaison avec la méthode de fenaison traditionnelle.

Dans les Charentes, le foin obtenu par ventilation contenait 152,7 g de matières azotées. Sa valeur énergétique atteignait 0,50 unité fourragère par kg de matière sèche.

En Mayenne, les caractéristiques étaient les suivantes : 120 à 127 g de matières azotées digestibles par kg de matière sèche.

En Haute-Loire, le fourrage contenait : 35 g de matières azotées digestibles par kg après traitement selon la méthode classique de fenaïson, 46 g de matière azotée digestible par kg de fourrage pour le foin ventilé.

Dans la Manche, les résultats d'analyses indiquaient 85 g de matières azotées digestibles après fenaïson classique et 120 g de matières azotées digestibles pour le foin séché par ventilation.

Dans les tableaux III et IV nous pouvons constater une nette amélioration de la qualité du foin tant pour les teneurs en matières azotées qu'en matières minérales, sans oublier le carotène qui peut avoir une influence particulière sur l'animal.

TABLEAU IV
ESSAIS DIVERS

ESSAIS	Méthode de récolte	Matières azotées digestibles en g par kg	Matières azotées totales en %	Cellulose en %	Matières minérales	Unités fourragères
3	Classique avec pluie	31			1,4 g (phosphore)	0,53
	Classique sans pluie	52			2,3 g (phosphore)	0,61
	Séchage par ventilation	72				0,65
4	Classique		11,50	32	8,8 %	
	Séchage par ventilation		12,40	31,50	9,6 %	
5	Classique		9,25	36,28	6,4 %	
	Séchage par ventilation		10,35	33,68	9,6 %	

D'autres facteurs influent très nettement sur la qualité du fourrage conservé par ventilation. Le premier de ceux-ci est la diminution des pertes de feuilles sur le champ, notamment dans le cas de fourrage à base de légumineuses. Le second est la possibilité d'avancer la date de la première coupe et de la réaliser avant l'épiaison. Les chercheurs nous signalent que le gain de qualité dans ce cas peut être de 16 à 17 % suivant la nature du fourrage. Nous pouvons citer ici les chiffres qu'ils nous ont communiqués : du Ray-grass fauché avant l'épiaison contient une unité fourragère par kg de matière sèche, du Dactyle récolté dans les mêmes conditions 0,8 unité fourragère par kg de matière sèche, au lieu des chiffres classiques pouvant varier de 0,7 à 0,5 unité fourragère par kg de matière sèche.

Ces quelques considérations nous amènent à conclure que le séchage du fourrage par ventilation permet d'augmenter la qualité en évitant les pertes dues à l'ensoleillement ou à la pluie, en permettant de récolter le fourrage à un stade végétatif moins avancé, donc lorsqu'il contient plus de matières azotées, et en évitant les pertes des feuilles des légumineuses sur le champ.

En un mot, la ventilation, lorsqu'elle est réalisée dans les meilleures conditions et que la durée du séchage n'est pas supérieure à six jours, n'augmente pas la qualité du fourrage, mais permet de conserver les caractéristiques qu'il possède au moment du déchargement sur l'aire de séchage à un taux d'humidité variant de 30 à 50 %.

IV. — RESULTATS OBSERVES SUR LES ANIMAUX

Pour l'instant, des essais comparatifs très précis n'ont pas pu être réalisés car ils sont du domaine de la recherche et non pas de l'exploitation agricole. Aussi ne pourrions-nous citer que des observations faites par des éleveurs avertis qui savent conduire avec précision leur élevage.

Lors d'une réunion d'agriculteurs, un calcul théorique avait été effectué avant que ceux-ci n'envisagent d'installer un séchage de fourrage. D'après les analyses effectuées dans la région pendant plusieurs années, il ressortait que la valeur énergétique d'un kg de foin pouvait varier de 0,31 à 0,53 unité fourragère contenant 48 à 120 g de protéines digestibles, ce qui revient à dire que dans une ration de 10 kg entre un bon et un mauvais foin, on trouvait une différence de valeur nutritive de 2,5 unités fourragères et de 650 g

de protéines digestibles, équivalant à celle de 3 kg de concentrés ; ceci correspondrait à une perte financière journalière d'environ 1,59 F par vache.

Un autre calcul théorique avait été effectué dans le C.E.T.A. de l'Helpe Mineure, où une comparaison entre deux rations à base de 18 kg de foin séché naturellement et de 18 kg de foin séché artificiellement, selon les résultats portés dans le tableau III, a permis de déterminer les résultats théoriques suivants :

Ration n° 1 (séchage sur le champ) :

— Unités fourragères 9 — 4,5 = 4,5
— Matières azotées 1.134 — 300 = 834

Dans ce cas, les unités fourragères et les matières azotées disponibles, en déduisant la ration d'entretien, permettent la production de 11 litres de lait.

Ration n° 2 (séchage en grange) :

— Unités fourragères 10,6 — 4,5 = 6,1
— Matières azotées 1.260 — 300 = 960

Dans ce cas, les unités fourragères et les matières azotées disponibles, en déduisant la ration d'entretien, permettent la production de 15 litres de lait.

On obtient donc entre les deux rations comparées, qui fournissent chacune 16 kg de matière sèche environ (2,6 kg de matière sèche par 100 kg de poids vif), une différence de 4 litres de lait par jour et par vache, ayant une valeur de 1,60 F. Cet écart peut être comblé en apportant à la ration n° 1 1,6 unité fourragère coûtant environ entre 0,90 F et 1 F au total. On peut estimer dès lors que le produit brut, pour une vache, pendant les 150 jours d'hiver, est compris entre 120 et 150 F, en ne tenant compte que de la valeur des unités fourragères et des matières azotées. Il convient naturellement de déduire de cette somme le coût approximatif du foin séché en grange. En supposant celui-ci égal à 0,022 F par kg et la ration de fourrage sec à 18 kg, nous obtenons un chiffre global de :

$$(0,022 \times 18 \times 150) = 59,40 \text{ F.}$$

Ces quelques observations théoriques ont pu être contrôlées dans le C.E.T.A. d'Helpe Mineure et chez d'autres agriculteurs, d'une façon moins précise. Voici quelques observations qui nous ont été communiquées par les éleveurs eux-mêmes ayant fourni à leur animaux des rations de foin séché.

- augmentation du taux de matière grasse ;
- rendement laitier sensiblement amélioré ;
- économie sensible d'achat d'aliments concentrés sans baisse de lactation : nous pouvons citer ici l'exemple précis d'un agriculteur qui achète 700 kg de concentrés en moins pour une étable de dix vaches laitières, ce qui correspond à une économie annuelle de 37,10 F par animal ;
- grâce à une appétence meilleure du foin, on constate une diminution des refus et l'augmentation de la quantité de foin ingérée par les animaux. Ceci se traduit par une diminution d'achat de concentrés ;
- un lot de vaches laitières de réforme a été nourri uniquement avec du foin ensilé et a pu être vendu à la boucherie sans distribution de concentrés à la fin de la période d'engraissement ;
- plusieurs lots de bœufs ont été engraisés en trois mois uniquement avec du foin conservé par ventilation ;
- un club hippique paie plus cher du foin séché par ventilation, car celui-ci permet de diminuer de moitié la ration d'avoine distribuée aux chevaux.

Ces quelques opinions d'éleveurs confirment les résultats d'analyses cités précédemment ; cependant, elles devraient être multipliées afin d'avoir une idée plus précise d'une part sur l'amélioration de la qualité du fourrage et d'autre part sur les incidences de celle-ci sur les animaux transformateurs.

V. — INFLUENCE SUR LA DATE DE RECOLTE ET SUR LE TEMPS DE RECOLTE

Au résultat brut relatif au prix de revient du séchage, il serait intéressant d'ajouter l'incidence économique :

- d'une part, de la diminution des temps de fanage,
- d'autre part, de la possibilité, en période difficile, de rentrer une plus grande quantité de fourrage que par la méthode classique.

Les études sur le premier point ne sont pas assez nombreuses à l'heure actuelle, pour permettre d'avancer des chiffres même approximatifs ; il serait intéressant que des économistes se penchent sur cette question.

Sur le second point on possède de nombreuses observations dont certaines pourraient faire conclure à l'amortissement d'une installation dans l'année même de son implantation. A l'appui de cette assertion nous pouvons citer deux exemples parmi d'autres : un agriculteur de l'Aube a pu sauver entièrement, en 1960, une récolte de 42 tonnes de foin ; un agriculteur de Meurthe-et-Moselle et un agriculteur du Doubs ont pu sauver, en 1961, leur récolte égale à 32 tonnes. Dans ces cas particuliers, l'installation est entièrement amortie après une telle opération.

Nous venons d'examiner, dans cette première partie, différents résultats économiques et leur incidence, pour l'instant limitée à des opinions, sur l'utilisation du fourrage par l'animal. Nous pouvons maintenant nous poser la question suivante : ces résultats peuvent-ils être améliorés ?

D'après différentes études, tant françaises qu'étrangères, les améliorations à apporter sur le plan économique se situent sur deux plans :

- meilleure utilisation du ventilateur et simplification de l'installation ;
- application du réchauffage dans les régions où la technique par ventilation à l'air naturel conduit à des prix de revient trop élevés par tonne de foin séché et de capacité des installations.

Nous allons examiner ces deux points :

a) Meilleure utilisation du ventilateur et simplification d'une installation.

Un agriculteur du Jura et des techniciens hollandais ont innové dans ce domaine.

La méthode dite « Grandvallièrè » imaginée par le Président du C.E.T.A. de Grandvaux dans le Jura, consiste à sécher des petits tas de foin plus ou moins volumineux suivant la disposition des lieux. Dans ce cas particulier, les tas avaient les dimensions suivantes : longueur 5 m, largeur 3 m 20, hauteur 3 m 20, soit un volume d'environ 50 mètres cubes correspondant à environ 4 tonnes de fourrage en vrac. Ces tas peuvent être posés sur un plancher non jointif. Une simple gaine, composée de huit lattes de 0 m 40 × 0 m 40,

est placée au centre du tas au 1/3 de sa hauteur en partant de sa base ; cette gaine est pleine sur 0 m 50 à 0 m 80 au départ et son extrémité s'arrête à 1 m du bord du tas.

Un ventilateur portatif de 35 à 40 cm de diamètre est fixé au départ de la gaine ; son débit est de 3.500 à 4.000 mètres cubes/heure, sous une pression de 15 mm et exige une puissance de 0,5 CV. Son prix d'achat varie de 250 à 300 F, suivant les marques. Le débit de renouvellement est égal à 70/80 m³/h/m³ de fourrage ou à 210 à 220 m³/h/m² d'installation.

Quatre petits ventilateurs de ce genre donneront en pratique la possibilité de séchage équivalente à celle d'un ventilateur de 6 CV nécessaire pour traiter 40 tonnes de foin.

L'agriculteur a procédé de telle manière que quatre tas de foin ont été séchés simultanément, en prenant cependant la précaution d'éviter le recyclage de l'air à l'intérieur du local.

Le prix de revient d'une telle installation a été le suivant :

— 4 ventilateurs à 250 F	1.000 F
— 10 gaines à 30 F	300 F
	<hr/>
	1.300 F

La consommation électrique sur l'année considérée a été de 480 kW/h pour sécher 20 tonnes de foin.

En calculant l'amortissement de l'installation sur huit ans, et en utilisant la capacité réelle de séchage de cette installation, nous obtenons un prix de 8,80 F par tonne de foin séché.

Nous nous situons donc, par rapport aux installations moyennes des six régions considérées, à la moitié du prix de revient de celles-ci.

Les Hollandais appliquent une méthode similaire avec une modification permettant d'éviter le déplacement des ventilateurs et les dangers de recyclage de l'air. L'installation comporte une gaine centrale, enterrée ou non, qui débouche sous des petits tas de fourrage de 5 m × 5 m et une hauteur indéterminée. Au centre du tas, la gaine centrale comporte une ouverture ; au-dessus de celle-ci est placé un conduit percé d'une hauteur de 2 m environ, qui permet une répartition de l'air au centre du tas ; au fur et à mesure que celui-ci

s'élève, le conduit est relevé et une cheminée centrale se trouve ainsi constituée par le foin lui-même. Afin de faciliter la répartition de l'air à l'intérieur du tas, on dispose en étoile, autour de la cheminée centrale, des petites gaines secondaires à chaque couche. Ce dispositif permet d'employer un ventilateur de faible diamètre, de faible puissance et supprime l'installation de gaines et de caillebotis.

Ces deux méthodes dans lesquelles sont utilisés des ventilateurs de faible débit, chacun d'entre eux étant employé sur de petits tas de fourrage, permettent, d'une part de diminuer le prix de revient du séchage par une meilleure utilisation de la puissance, la suppression d'installations importantes et onéreuses, et d'autre part facilitent le déchargement journalier en lui donnant une plus grande souplesse et en utilisant au maximum l'énergie dépensée pour le séchage.

b) Application du réchauffage.

Parmi les quelques installations que nous avons examinées, nous pouvons citer deux cas concrets, qui seront le point de départ d'un raisonnement sur les limites d'application du réchauffage de l'air pour le séchage du fourrage.

Un agriculteur du Finistère a consommé 165 kW/h par tonne, pendant neuf jours, et a obtenu à la fin de cette période un taux d'humidité du fourrage de 27 %. Le prix de revient total par tonne « non séchée entièrement » a été de 30,5 F.

Un agriculteur des Côtes-du-Nord a dépensé 75 kW/h avec une installation *particulièrement soignée* et a dépensé 60,4 F par tonne de foin séché, rentré à 55 % d'humidité sur l'aire de séchage.

Nous pouvons citer un troisième cas, où l'agriculteur a dépensé 25 kW/h par tonne de foin séché, d'un prix de revient total de 7,25 F.

Les deux premiers cas démontrent clairement que la technique de réchauffage de l'air doit être envisagée dans les régions où il est impossible, au moment de la récolte, de sécher à l'air naturel en raison de son état hygrométrique trop élevé sur une longue période et ceci pour deux raisons : dépense d'énergie importante, diminution très sensible de la qualité du foin qui rend la technique de séchage du fourrage peu intéressante.

Rappelons ici très brièvement quels sont les critères de réchauffage de l'air :

Dans le cas de conditions climatiques défavorables, où le degré hygrométrique de l'air varie de 90 à 100 %, une élévation de température de 5 à 8° C est nécessaire pour abaisser cette humidité atmosphérique à 70 % ; dans le cas où cette humidité varie de 80 à 90 % une élévation de température de 3 à 5° C est suffisante. Ceci suppose une installation de chauffage capable de fournir de 1 à 1,5 calorie par kg d'air. Il est possible, dans certains cas, d'appliquer une méthode consistant à réchauffer l'air par intermittence, en utilisant au maximum, au début du séchage, un degré hygrométrique de l'air correspondant au taux d'humidité du fourrage.

L'installation suppose donc un générateur d'air chaud, un ventilateur et un système de distribution de l'air à travers la masse du fourrage.

A l'heure actuelle, le générateur d'air chaud susceptible de correspondre à la moyenne des installations, tel que nous l'avons défini dans le tableau I, suppose un investissement supplémentaire de 5.300 F à 10.000 F suivant les marques et les types d'appareils, soit une augmentation de 80 à 200 % des frais d'installation.

Cette augmentation des frais d'installation peut-elle être rentable ?

Nous pouvons citer ici quelques chiffres d'après des essais effectués les années précédentes et qui devront être recalculés en fonction de chaque installation particulière, dans une région considérée.

— *Essai dans les Hautes-Pyrénées* : réchauffage par résistance électrique (8 kW), le prix de revient, y compris l'amortissement de l'installation, est égal à 32,50 F par tonne séchée.

— *Essai dans l'Allier*, en 1959, avec appareil au charbon : 26 F par tonne ; en recalculant le prix de revient en fonction de l'augmentation du prix du générateur d'air chaud et de l'énergie, ce prix devient à l'heure actuelle 37 F par tonne.

Ces prix indiqués doivent être considérés pour des générateurs d'air chaud d'un prix inférieur à 5.000 F et pour un prix d'énergie de réchauffage inférieur à 25 F pour 10.000 calories.

Si nous comparons ces prix avec ceux du premier exemple cité, nous constatons que l'augmentation maximum est située dans une fourchette entre 0,25 F et 0,70 F par tonne de foin séché ; ceci permet d'envisager un amor-

tissement plus rapide du réchauffage de l'air dans le cas considéré, d'une part par une diminution du temps de séchage et d'autre part par conservation de la qualité du foin.

Si nous considérons le second cas, le prix de revient du réchauffage aurait été inférieur au prix de revient du séchage par air naturel. Par contre, si nous considérons le troisième cas, et le prix moyen observé pour les installations examinées, nous constatons une augmentation du simple au double imposée par le réchauffage, les appareils étant amortis de la même manière.

Que pouvons-nous conclure de ces observations partielles ?

Le réchauffage permet :

— d'éviter l'apparition des moisissures en diminuant le temps nécessaire au séchage d'une masse considérée de fourrage ;

— de diminuer d'une manière sensible le temps de récolte globale en permettant une rotation plus rapide du chargement des installations ;

— d'appliquer la technique du séchage par ventilation du fourrage dans les régions où celle-ci est impossible à cause de l'humidité de l'air pendant la période de récolte ;

— Par contre, il augmente d'une manière sensible (de 100 à 150 %) le prix de revient du séchage du fourrage, à cause de l'amortissement plus élevé des installations et du prix de revient des calories qui est à ajouter à celui de l'énergie nécessaire au ventilateur.

Cette technique ne devrait être appliquée que dans des régions limitées et dans des cas particuliers, car il a été démontré, par l'observation de 126 installations qu'il est possible de sécher du fourrage dans de bonnes conditions par air naturel dans toute la France, avec un prix de revient moins important que celui imposé par le réchauffage.

Pour que cette technique puisse être appliquée à une plus grande échelle, des appareils d'un prix de revient moins élevé devraient être étudiés.

VI. — CONCLUSION

Les différentes observations que nous venons de citer n'ont pas la prétention de définir une doctrine en matière de séchage du fourrage, mais simplement de préciser certains points essentiels qui permettent à l'agriculteur

de faire un choix, d'une part sur l'application de cette technique, et d'autre part sur les règles essentielles à observer pour que celles-ci demeurent dans une limite raisonnable de rentabilité.

Nous rappelons brièvement ici quelques points suivants :

— le prix de revient d'une installation doit se situer, en général, dans une fourchette comprise entre 56 F et 75 F par tonne de capacité ;

— Le prix de revient du séchage proprement dit, y compris l'amortissement de l'installation, doit se situer dans une fourchette comprise entre 17 et 24 F par tonne de capacité ;

— Le prix de revient du réchauffage, sauf dans des cas particuliers, devrait se situer dans une fourchette comprise entre 32 et 40 F par tonne de capacité ;

— Les résultats doivent être calculés non seulement sous l'angle du prix de revient mais aussi sous celui de l'utilisation du fourrage par les animaux : meilleure appétence, augmentation de la capacité d'absorption des matières sèches et d'une digestibilité améliorée ;

— L'application de cette technique devrait être étudiée avec plus de détail afin, d'une part, de faciliter la mécanisation complète de la récolte et de la distribution du fourrage, d'autre part de diminuer le prix de revient du séchage, par une meilleure utilisation de l'énergie et par la simplification de l'installation.

Pour terminer, nous pouvons dire que les observations constatées permettent de mieux situer cette technique de conservation du fourrage par rapport aux autres méthodes. Cependant, il serait intéressant de poursuivre des études plus précises afin de savoir quelle est sa rentabilité exacte par rapport à l'ensilage en tenant compte notamment de l'utilisation par l'animal d'une nourriture récoltée et conservée selon cette méthode.

B. SCHAER,

*Responsable du « Service Bâtiments »
de la Fédération Nationale des C.E.T.A.*