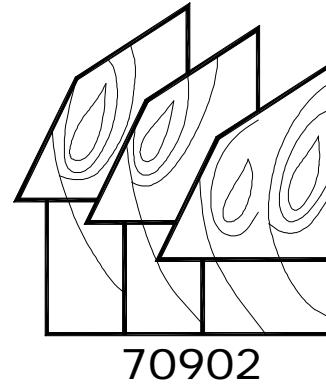
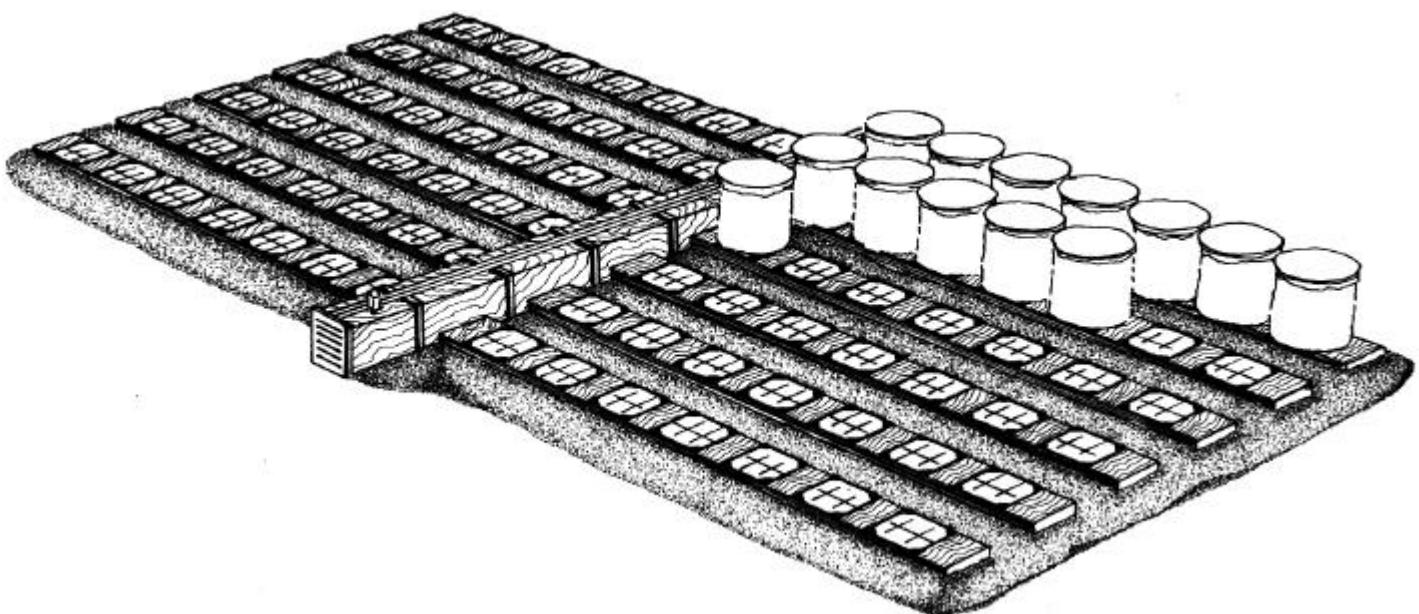


SÉCHOIR À FOIN POUR  
84 GROSSES BALLES RONDES



1992-04



# SÉCHOIR À FOIN POUR 84 GROSSES BALLES RONDES

André Descôteaux, ingénieur et agronome

Ici comme ailleurs, dans la plupart des régions agricoles des pays industrialisés, la récolte du foin sec selon la méthode des grosses balles rondes est devenue très populaire. Les presses à balles rondes tirent leur origine de l'ouest canadien et américain vers 1971. Au Québec les premières sont apparues en 1974. Dans maints endroits où l'on produit des fourrages, les conditions climatiques permettent cette méthode de fenaison sans trop de difficultés. Par contre chez-nous au Québec, les conditions climatiques trop souvent humides amoindrissent les avantages observés dans les contrées plus clémentes.

Tous sont d'accord avec le fait qu'il faille engranger le plus rapidement possible le beau foin qu'on vient de faucher. Le laisser trop longtemps au champ à sécher au soleil comporte ses limites: attendre que le foin soit sec, à 16-17% de teneur en eau (mesurée sur base humide pondérale - TEE b.h.) peut prendre du temps et devient même inquiétant si l'orage est proche; on obtient également beaucoup plus de pertes de feuilles lorsque le foin est pressé à l'état sec.

Pour les petites balles rectangulaires empilées dans la grange, l'expérience du séchage à air forcé a fait ses preuves dans des milliers de fermes québécoises durant les 25-30 dernières années. S'appuyant sur ce passé et sur nos connaissances actuelles, on pense que pour arriver à produire du foin sec de qualité en balles rondes, il faut faire du séchage artificiel par air forcé pour le foin récolté sous cette forme.

Le présent feuillet qui se veut une description du plan 70902, a pour but de présenter les composantes d'un premier type, ou la première génération d'un séchoir à foin conçu pour les grosses balles rondes.

## EXPÉRIENCES DE L'ONTARIO

L'idée du plan illustré pour ce séchoir à foin pour balles rondes prend son origine dans la foulée des expériences réalisées en Ontario (OMAF) par P.S. Plue, ingénieur, sur le site d'une ferme mixte en production laitière-bovine. Suite aux demandes des conseillers régionaux en génie rural, le Service du génie a décidé de produire un plan type de ce séchoir à foin en lui apportant certaines améliorations.

## DESCRIPTION GÉNÉRALE

Le séchoir à foin peut sécher 84 balles rondes en même temps. Il est situé à l'extérieur et à proximité de

la grange. Ce tunnel de séchage est constitué d'un conduit principal en bois et de 6 conduits latéraux de

chaque côté du conduit principal. Chaque conduit latéral reçoit 7 balles rondes placées debout sur une orifice. L'air est aspiré par le côté des balles (pression négative), passe d'un conduit latéral au conduit principal et enfin est expulsé à l'extérieur du séchoir grâce à deux ventilateurs mis en marche sous la commande d'un hygrostat. Ce dernier est ajusté de telle façon que la ventilation s'arrête si l'humidité relative de l'air monte plus haute que 65%.

Du point de vue performance au séchage, les expériences ontariennes sur la ferme ont montré le résultat suivant: DES BALLES RONDES À TEE INITIALE DE 25-30% FURENT SÉCHÉES À 15% EN L'ESPACE DE 5-7 JOURS. Compte tenu de ce temps de séchage et de la rapidité des rotopresses (20-50 balles/hre), le producteur agricole se doit d'établir un calendrier de récolte qui tienne compte de la capacité de son séchoir: plusieurs coupes, séchage naturelle, ensilage, alimentation immédiate, etc...

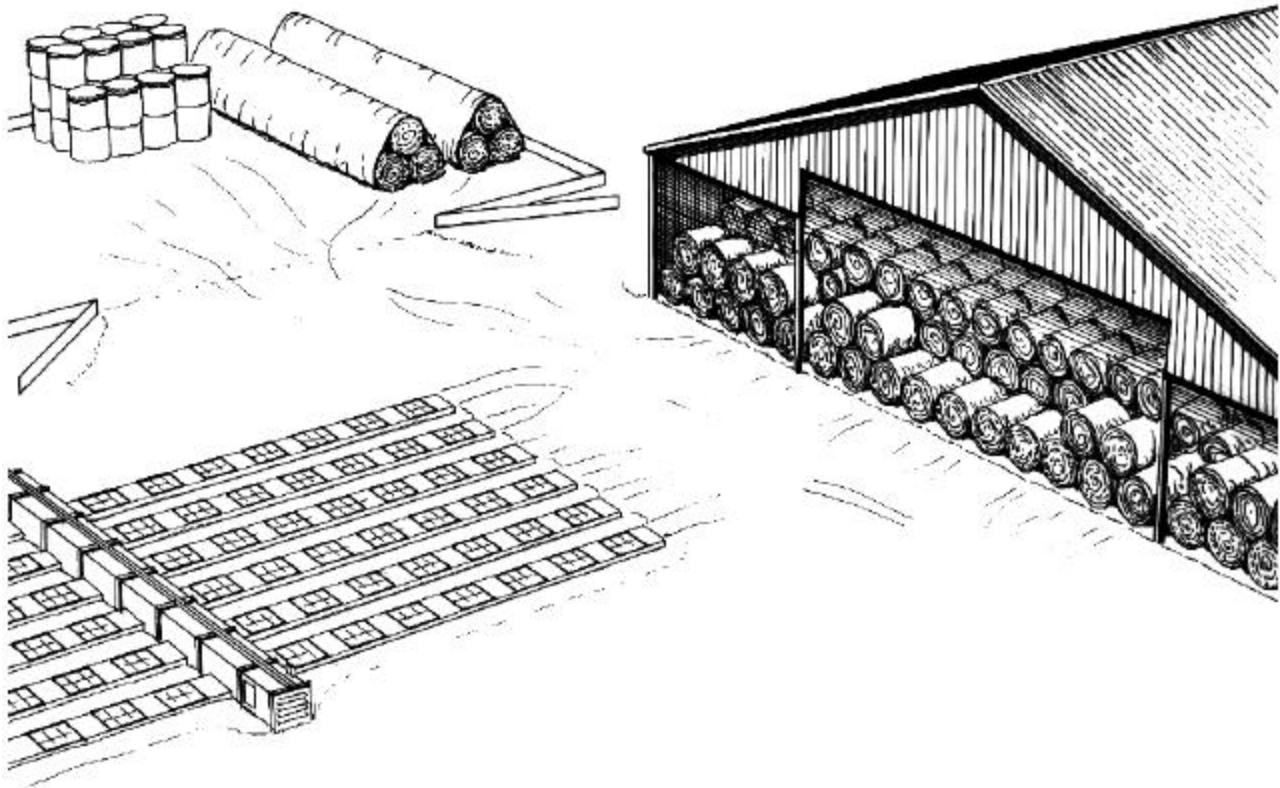
## CERTAINS DÉTAILS

Quelques éléments du plan de séchoir à foin méritent une description plus détaillée. Ces détails sont donnés afin d'avoir une meilleure idée du plan type proposé, pour bien comprendre tout le système de séchage et pour réaliser une construction fonctionnelle, performante et sécuritaire.

## LE SITE

Choisir un terrain sec, bien drainé et de préférence surélevé permet d'éliminer l'eau de surface et les bris au séchoir résultant du cycle gel-dégel du sol. Au début, il convient d'enlever la couche arable de sol (250 mm), de niveler et de donner les pentes requises pour l'élimination des eaux de surface. Entre les conduits latéraux, on remplit l'espace libre laissé par l'excavation avec du gravier ou du concassé propre; cela permet un bon drainage et un solide support pour le va et vient du tracteur qui transporte les balles rondes. Compte tenu des dimensions imposantes de ce séchoir à foin et des aires de circulation tout autour, il convient d'aménager un site aux dimensions minimales de 25 par 35 mètres.

L'endroit retenu est aéré, l'air n'est pas stagnant ou emprisonné par trop de structures ou de bâtiments. Le meilleur site est sûrement derrière la grange ou la remise, est situé assez loin de la résidence du



**Figure 1. Vue d'ensemble**

propriétaire - et de celles des voisins - pour éviter d'incommoder par le bruit des ventilateurs en marche (figure 1). Enfin le site est placé à une distance raisonnable où il demeure possible de garder un oeil vigilant sur les activités qui s'y déroulent.

## LES VENTILATEURS

La préférence est accordée aux ventilateurs de type axial. Ce type de ventilateur est plus apte à supporter les variations de pression statique qui surviennent à mesure que le séchage du foin progresse; de plus son moteur électrique manifeste rarement des signes de surcharge. Ce type de ventilateur est très facile à obtenir chez les marchands d'équipements agricoles spécialisés en ventilation des grains ou des fourrages et en plus, il est le moins dispendieux.

Le débit d'air total pour ce séchoir à foin pour grosses balles est choisi à 190 l/s/t de foin sec (15% b.h.). La pression statique d'opération pour tout le système est fixé à 250 Pa. Le système de contrôle fait en sorte qu'un court délai existe entre le démarrage des moteurs; l'appel de puissance est donc moindre. Le fonctionnement des ventilateurs est sous la gouverne d'un hygrostat ajustable qui mesure l'humidité relative de l'air ambiant. Si l'humidité monte à plus de 65% la ventilation arrête; plus tard, lorsque l'humidité de l'air redescend en bas du point de consigne le système est remis en marche automatiquement. Toutefois, on remet manuellement le tout en marche pour quelque t

emps si on s'aperçoit que le système est arrêté plus de 24 heures. Cela évite que le foin chauffe trop et soit détérioré à tout jamais. Il est d'usage de placer l'hygrostat sous un abri météo pour le protéger des précipitations directes. Il y a deux marques d'hygrostat recommandées:

- 1) Caldwell NHC-2, vendu par les distributeurs de cellule à grain WESTSTEEL BOSCO ou;
- 2) Honeywell H600A, vendu par les distributeurs des produits de cette marque.

Une lampe témoin de fonctionnement placée sur un mat en hauteur permet au producteur agricole de "voir de loin" son séchoir à foin au travail. Un interrupteur permet d'opérer le séchoir en mode manuel ou bien en mode automatique selon le cas. Pour diverses raisons, on peut vouloir utiliser un seul ventilateur. Il faut alors bloquer l'entrée d'air du ventilateur arrêté; des volets qui ferment très étanches et par gravité peuvent être utilisés à cette fin. En mode normal d'opération avec les deux ventilateurs les volets sont maintenus en position ouverte et si l'on arrête l'un des ventilateurs le volet de celui-ci est amené et tenu en position fermée par l'effet de succion créé par l'autre ventilateur. Lorsque les deux ventilateurs sont à l'arrêt, les volets se ferment d'eux-mêmes par gravité et empêchent la pluie, les oiseaux ou tout autre d'entrer dans le séchoir à foin.

Comme mesure de sécurité additionnelle, le plan montre des grilles de protection fixées solidement de part et d'autre des ventilateurs. Ainsi, les doigts de l'opérateur, ceux de ses enfants, les petits animaux domestiques, etc, tous seront gardés intacts. Un accident est trop souvent vite arrivé.

## FERMETURE DES LATÉRAUX

Chaque conduit latéral peut être fermé à l'aide d'une petite porte située à la jonction du conduit principal. On peut également étendre des pièces de polyéthylène sur les orifices dans le but de couper le courant d'air lorsque l'on enlève une ou plusieurs balles d'un conduit. La succion du système de ventilation maintient le polyéthylène en place.

## LES MATÉRIAUX

Ce tunnel de séchage est construit principalement avec du contre-plaqué. L'usage extérieur prévu nous dicte d'utiliser uniquement un produit haut de gamme estampillé "pour usage extérieur". Sur ce plan, les dimensions sont données en mesures métriques et elles sont conformes au système international d'unité (SI). L'industrie de la construction pour sa part fournit à sa clientèle du contre-plaqué taillé presque uniquement en mesures impériales. Dans le cas présent, aucune commande spéciale n'est requise chez le fournisseur de matériau de construction car la conversion exacte des unités reste conforme. Ainsi sur le plan, un panneau de contre-plaqué 1220 x 2440 mm possède les mêmes dimensions extérieures qu'un panneau 4' x 8'. Une feuille du plan illustre les découpages à faire dans les panneaux de contre-plaqué utilisés dans la construction des côtés du conduit principal. Dans ces panneaux découpés viennent s'insérer les conduits latéraux. Du scellant élastique au silicone ou l'équivalent est utilisé à profusion dans les fentes, dans les joints et partout où l'on suspecte des fuites d'air potentielles qui réduiraient l'efficacité du séchoir.

Le cœur mou des balles rondes à tendance à s'affaisser dans les orifices de ventilation et le foin descendu bloque partiellement le chemin emprunté par le courant d'air de séchage. Pour prévenir ce problème, on a pris soin d'étendre un treillis métallique qui agit comme support du cœur mou. Un cadre surélevé en bois sert de joint d'étanchéité au siège où repose chaque balle ronde. Les coins sont arrondis par une pièce en tôle qui apporte une plus grande rigidité au cadre.

## UN CHAPEAU DE PROTECTION

Un chapeau circulaire en polyéthylène est maintenu très serré sur le dessus de la balle grâce à la succion exercée par les ventilateurs. Un cordon de nylon garde en place ce chapeau dans les autres occasions de non ventilation. Une bourrelet de foin dans le bout

de la balle permet de bien serrer le cordon. Des rotopresses permettent la formation de ce bourrelet lors de l'attachage finale avec la corde de sisal ou de polypropylène.

Évidemment avec ce chapeau on a un bon moyen de protéger la balle ronde des méfaits de la pluie lors du séchage ou de l'entreposage (voir plus loin). Un autre but tout aussi important est d'empêcher l'air de séchage d'être canalisé par le bout de la balle ronde à cœur mou de façon à forcer l'air à entrer par aspiration radialement par le côté de la balle ronde.

## QUELQUES PRÉREQUIS

1. Ce type de séchoir à balles rondes convient uniquement pour les balles rondes à cœur mou. Celles-ci sont en quelque sorte pour le producteur ayant une rotopresse dite à chambre fixe ou à volume constant. Des rotopresses à chambre variable, ayant un contrôle sur le mécanisme de tension, peuvent également fabriquer des balles rondes à cœur mou.
2. Le tracteur utilisé pour manipuler les balles rondes doit être capable d'enjamber un conduit latéral afin d'y déposer les balles sur les orifices de ventilation. Normalement, l'écart ou le dégagement entre les roues est ajustable pour la plupart des tracteurs de ferme. La largeur hors-tout d'un conduit latéral peut varier entre 1000 - 1220 millimètres. Viser un jeu de 100 mm de chaque côté du conduit est un minimum à rechercher pour rendre facile la tâche de placer les balles rondes sur les orifices.

Il faudra qu'un producteur vérifie minutieusement ce détail avant d'entreprendre la construction d'un tel séchoir à foin.

3. L'entrée électrique de la ferme doit être capable d'alimenter 2 moteurs additionnels d'une puissance minimale de 3.7 kW (5 HP) chacun. Il faut donc prendre les mesures qui s'imposent pour corriger la situation au besoin.

Si désiré, on peut opérer le séchoir avec un seul ventilateur 3.7 kW, mais il faudrait sécher uniquement 42 balles à la fois pour garder le maximum d'efficacité du séchoir. En ce sens, on pourrait construire avec 3 conduits latéraux de chaque côté du conduit principal.

## ASPECT ÉCONOMIQUE

Les coûts donnés, ici, se veulent un exemple que l'on peut utiliser à un projet de séchoir à balles rondes. Il s'agit simplement de s'assurer que ces coûts soient conformes à la réalité pour le projet initié sur une ferme et au besoin on recommande de s'adresser

aux conseillers régionaux spécialisés en gestion et en génie rural pour obtenir l'aide nécessaire.

## ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Avec le débit d'air préconisé dans un paragraphe précédent, on doit s'attendre d'utiliser 3.5 kilowattheures par tonne de foin sec (15% b.h.) pour chaque degré d'humidité enlevé au foin. Par exemple, pour 84 balles rondes - 700 kg chacune - placées sur le séchoir à 25% TEE initiale et séchées à 15%, l'énergie utilisée est calculée comme suit :

$$\frac{3.5 \text{ kWh/t/\%} \times 84 \text{ balles} \times 700 \text{ kg}}{1000} \times (25 - 15\%) = 2058 \text{ kWh}$$

Pour connaître le coût de cette énergie, il s'agit de multiplier ce dernier chiffre par le tarif unitaire du kWh exigé par le fournisseur d'électricité. Dans ce tarif unitaire on tient compte des taxes de vente et de la redevance d'abonnement. Cette donnée est essentielle pour déterminer la rentabilité du séchoir à foin.

### SOMMAIRE DES COÛTS DE SÉCHAGE (\$/tonne)

#### Coûts fixes

. Investissement (amortissement sur 10 ans - Taux d'intérêt de 10% - 13 000 \$ en coûts de construction inhale) - assurances	7,63 \$
. Réparations et entretien - 2% des coûts de construction inhale.	1,11 \$
. Polyéthylène pour couvrir les balles rondes	0,58 \$

#### Coûts variables

. Main d'oeuvre - 10,50 \$/hre - 0,08 hre-pers/t	0,84 \$
. Énergie électrique (6.1¢ kW/h à 3.5 kWh/t/\% réduit) et pour une réduction d'eau moins 10%.	2,14 \$
<b>TOTAL :</b>	

12,30 \$/t

Pour récupérer ces coûts occasionnés par le séchage des grosses balles rondes, un producteur peut espérer en sortir gagnant grâce aux bénéfices obtenus pour au moins 3 bonnes raisons permettant de :

1. Profiter d'un stade de maturité propice à la récolte du foin sans pertes ou dommages résultant du mauvais temps.
2. Conserver le maximum de matière sèche du fourrage récolté à haute teneur en eau (25-35%). Pour du foin à 110,00 \$/t, 5% d'augmentation en matière sèche équivaut à une valeur actuelle de 5,50 \$/t

3. Conserver un plus haut taux de protéines pour le foin séché artificiellement. L'achat de protéines (0.60\$/kg - tourteau de soya) pour balancer les rations et pour compenser les pertes d'un séchage au champ (1.5%) fournit une valeur ajoutée de 10,00 \$/t de foin.

Un total des bénéfices de 15,50 \$/tonne démontre qu'un séchoir à foin pour balles rondes est rentable et justifiable car on obtient un bénéfice de 3,20 \$/tonne dans le cas actuel.

## DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN EAU DU FOIN

Un foin sec qui se conserve longtemps à généralement une teneur en eau de 15-17% b.h. Il ne sert à rien de sursécher, d'autant plus que c'est un procédé énergivore en raison de l'usage des gros ventilateurs. Vaut donc mieux savoir quand arrêter le séchoir. Pour aider à cette prise de décision, on procède par échantillonnage du foin qu'on soumet ensuite à l'une ou l'autre des deux méthodes de détermination de l'humidité: le four micro-onde ou le testeur Koster.

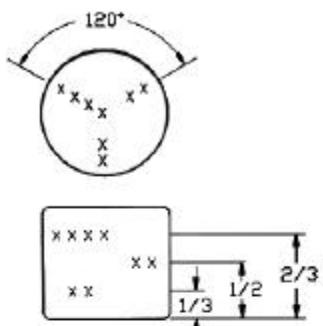
## D'ABORD L'ÉCHANTILLONNAGE

Pour obtenir des échantillons représentatifs des balles rondes posées sur le séchoir, il convient de se donner un patron d'échantillonnage tel que le montre la figure 2. Le matériel requis pour cette opération comprend une perceuse électrique à prise 1/2" et une sonde à foin conçue à cet effet (figure 3). Cette sonde est un tube en acier inoxydable, 39 Ø x 450 mm, ayant une pointe coupante. Une tige d'extension (250 mm) est normalement fournie pour échantillonner dans les grosses balles rondes. Un plongeur en bois est utilisé pour vider la sonde remplie de foin.

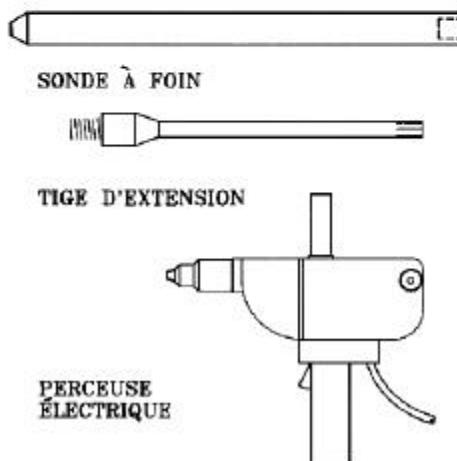
## CHEMINEMENT

1. Choisir 3 balles rondes au hasard.
2. Dans chaque balle, sonder tel que montré sur le patron d'échantillonnage (figure 2).
3. Mélanger ces 8 échantillons primaires dans un plus grand récipient. Prendre un échantillon secondaire de ce récipient, 100 grammes de foin. Par mesure de sécurité ou pour vérification, garder une deuxième partie de ce mélange dans un sac hermétique. Agir de la même façon si le tout doit être retardé.
4. Avec ces 3 échantillons secondaires (3 balles rondes), on est en mesure de connaître l'état d'avancement du séchage.

Trouver la teneur en eau à l'aide de l'une ou l'autre des méthodes préconisées suivantes.



**Figure 2. Patron d'échantillonnage d'une balle ronde**



**Figure 3. Sonde d'échantillonnage**

#### A. MÉTHODE AVEC UN FOUR MICRO-ONDE

Si on dispose d'un four micro-onde, il est possible de déterminer la teneur en eau d'un échantillon de foin en 20 minutes. En regard du vrai taux d'humidité ou TEE le micro-onde fournit une précision de l'ordre de 4%. En d'autres mots, si la valeur de TEE obtenue du laboratoire est de 25%, on est alors en mesure d'approcher cette valeur à  $\pm 1\%$ .

#### ÉQUIPEMENTS REQUIS

- Un four micro-onde, de préférence avec un plateau tournant.
- Une balance de précision, au gramme près, pouvant peser au moins 100 grammes.
- Des contenants pouvant être utilisés dans le four micro-onde; des sacs de papier brun et des assiettes de carton sont adéquats pour l'usage.
- Un verre d'eau 200 ml, pour protéger le micro-onde.
- Du papier, un crayon.

#### ÉTAPES À SUIVRE

1. Peser le contenant vide - être précis enregistrer cette valeur A.
2. Placer environ 100 grammes de foin dans le contenant - fouler un peu - peser précisément - enregistrer cette valeur B. (Cette valeur inclus le poids du contenant)
3. Mettre le verre d'eau rempli au 3/4 dans le micro-onde.
4. Placer l'échantillon et son contenant dans le four. En utilisant une puissance de moyenne à haute, on commence à sécher l'échantillon pour une période de 2-3 minutes.
5. Retirer du tour - peser - brasser et mélanger le contenu.
6. Remettre au four pour 30 secondes.
7. Retirer et peser - mélanger de nouveau.
8. Répéter cette dernière opération aussi longtemps que le poids change. Quand le poids demeure constant enregistrer valeur C. (Cette valeur inclus le contenant).
9. Calculer la teneur en eau (TEE b.h.) à l'aide de la formule suivante:

$$\text{TEE}(\%) = \frac{B - C}{B - A} \times 100$$

- La plupart des fours micro-onde ont des points chauds, alors retourner et brasser l'échantillon s'il n'y a pas de plateau tournant.
- Quand les brins de foin commencent à se replier et à se décolorer un peu, c'est signe qu'on approche de la valeur finale. Si l'échantillon est trop chauffée, il carbonise. Si cela se produit, prendre la valeur notée précédemment.
- Faire plusieurs essais avec votre four microonde pour bien se familiariser avec les périodes de séchage et la fréquence propre à chaque micro-onde. Raccourcir les périodes au besoin. L'opération finale n'en sera que plus facile et plus rapide. Garder à l'esprit la précision des lectures et des calculs.

#### B. MÉTHODE AVEC UN TESTEUR KOSTER

Un autre appareil, le testeur d'humidité Koster (figure 4) fournit d'excellents résultats ayant une précision de l'ordre de 3% des valeurs obtenues en conditions de laboratoire (24 hres+ procédure établie). Avec cet appareil, on obtient l'humidité de l'échantillon de foin

après un temps de 25 minutes. Le principe est simple en soi. Un petit réchaud de 1200 watts chauffe l'air qui passe à travers un échantillon de foin haché. Une balance de précision est fournie pour les pesées. C'est le genre d'appareil que l'on retrouve dans les laboratoires pour obtenir rapidement l'humidité de plusieurs produits de récolte. C'est un appareil facile à utiliser. C'est l'appareil le plus précis de sa catégorie. Son coût est autour de 500 \$. On ne peut toutefois l'utiliser au champ, à moins d'apporter une génératrice. Les étapes à suivre sont fournies avec l'appareil et sont semblables à la précédente méthode.

## ENTREPOSAGE DES BALLES SÉCHÉES

Après avoir mis tant d'efforts à la récolte du foin et à son séchage, il est tout à fait logique de vouloir conserver le maximum de valeur nutritive au fourrage et de le protéger adéquatement des intempéries. Le tableau suivant tiré de la revue

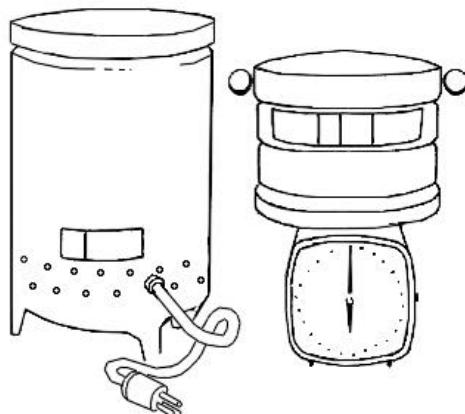


Figure 4. Testeur d'humidité Koster

DOANE'S Agricultural Report, illustre les résultats d'essais effectués dans quelques états du Centre des U.S.A. et dans 2 provinces canadiennes.

Il est évident que les meilleurs résultats reviennent à l'entreposage du foin à l'intérieur. Toutefois, il est très intéressant de constater la très bonne note de 98% obtenue pour le foin entreposé à l'extérieur et protégé. Le foin non protégé entreposé à l'extérieur perd près de 30% de sa valeur. Ce dernier chiffre parle par lui-même et vient réduire les avantages connus de la récolte du foin en balles rondes. Faut donc y voir.

Comme méthodes de protection des balles rondes, on peut mentionner l'empilage en pyramide avec une bâche bien attachée pardessus (figure 1). Une autre façon est d'empiler debout 3 balles et de garder sur la plus haute, le chapeau circulaire en polyéthylène utilisé lors du séchage. Une expérience française (CEMAGREF) faite avec des balles de paille de blé, a observé des pertes de moins de 5% de M.S. pour l'ensemble des trois niveaux. Cette expérience peut sans doute tracer un parallèle avec le foin pour les conclusions. Pour des raisons de sécurité et ainsi éviter les basculements des balles, celles-ci doivent être bien faites et bien régulières.

Bien d'autres études et essais prouvent la pertinence de biens protégés les balles rondes mais quelque soit la méthode utilisée pour l'entreposage à l'extérieur, le site sur lequel repose les balles doit être bien drainé, sinon il y a risque d'augmenter les pertes dues à une remontée d'eau dans le foin. Le plan 70600 sert de guide et fournit les détails pour la construction d'une aire d'entreposage de balles rondes

Méthode d'entreposage	Matières sèches perdues (M.S.), %			Matière sèche (M.S.) digestible, %	Valeur globale, %
	entreposage	alimentation	total		
Intérieur	5.5	9.9	11.8	54.3	100
Extérieur et protégé	10.5	9.7	15.8	55.8	98
Extérieur et non-protégé	16.9	19.1	34.8	52.2	71