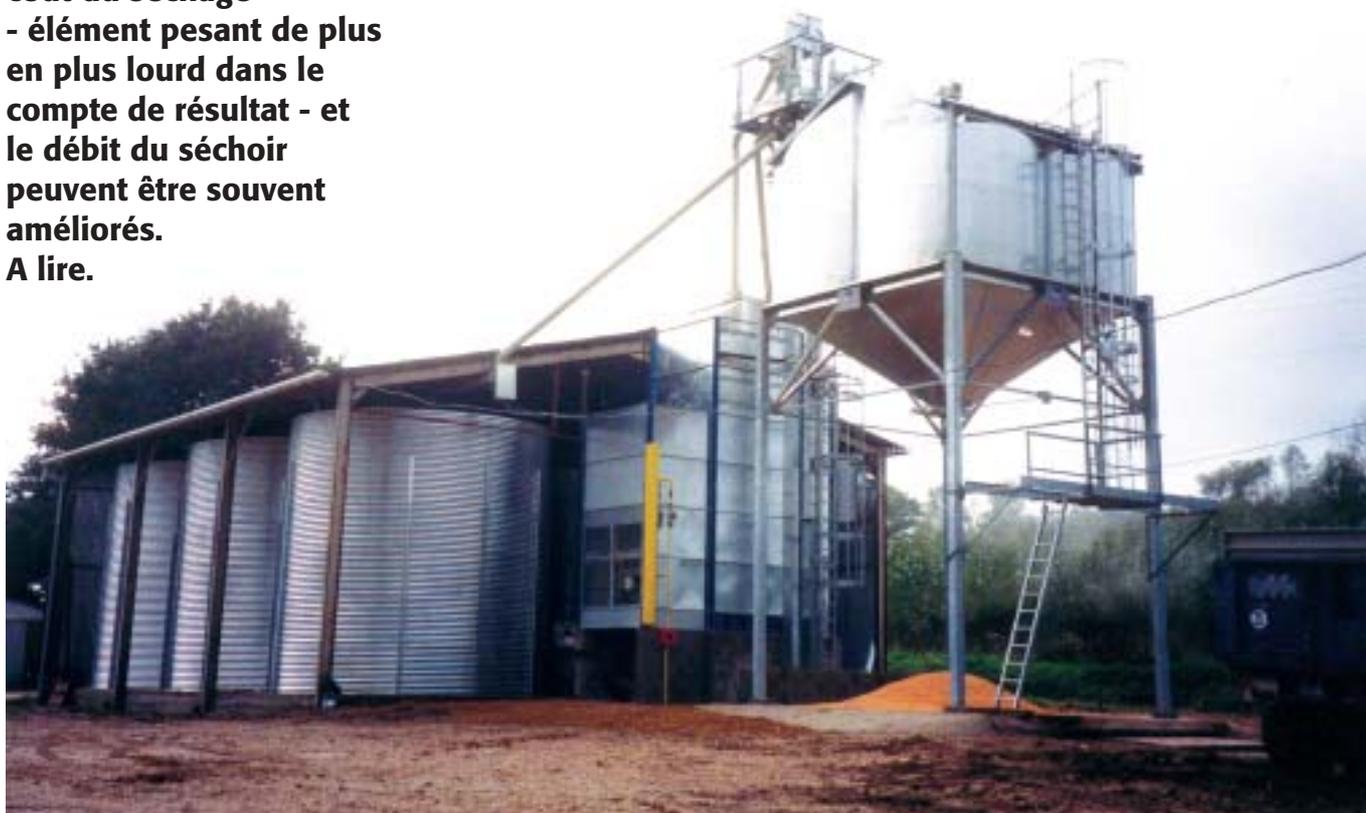


Pour préserver la qualité du maïs au cours du séchage, il importe de respecter plusieurs points. Le choix d'une technique de séchage et la bonne conduite des installations font partie de ces éléments déterminants. Selon la technique adoptée, le coût du séchage - élément pesant de plus en plus lourd dans le compte de résultat - et le débit du séchoir peuvent être souvent améliorés.  
A lire.

## Séchage du maïs à la ferme

# Bien sécher sans trop sécher



**A**u contraire de la récolte 2003, les maïs récoltés cette année devront effectuer un séjour plus long en séchoir. En théorie, trois grandes méthodes peuvent être utilisées : le séchage dit « classique » en séchoir continu, le séchage classique

en séchoir à recirculation (lot par lot) et le refroidissement lent différé ou « dryeration ».

Si la première technique est de loin la plus répandue, car performante et assez simple de mise en œuvre, les autres méthodes présentent quelques atouts.

### Séchage classique en continu

Le séchoir continu utilisé en conduite classique, sèche et refroidit le grain au cours d'un même et seul passage dans la colonne. L'écoulement du

grain dans cette dernière est régi par un système d'extractions séquentielles dont les intervalles et les durées sont pilotés par des minuteries.

Ces intervalles et durées sont réglés en fonction de la température de l'air de séchage et l'humidité du lot à l'entrée du séchoir afin d'atteindre les niveaux d'humidité requis. Néanmoins, dans la pratique, la durée d'extraction est souvent très fortement conseillée (voire imposée) par le constructeur, l'utilisateur ne pouvant intervenir fa-

**Pour éviter tout surséchage, la maîtrise de la teneur en eau est nécessaire. Pour une livraison au printemps, l'idéal est une sortie à 15-15,5 % d'humidité.** © FAO

cilement que sur l'intervalle entre deux extractions.

La fréquence d'extraction idéale, c'est-à-dire celle qui permet l'écoulement le plus continu du grain, se situe entre 3 et 4 minutes. Plus court, des problèmes de « voûtage » peuvent survenir dans le haut de la colonne. Plus long, la qualité souffre de trop longues périodes d'immobili-

André Le Bras  
a.lebras@arvalisinstitutduvegetal.fr

Gilbert Niquet  
g.niquet@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

té du grain à proximité des dièdres d'émission d'air chaud.

La durée entre les extractions est ajustée en fonction de l'humidité réelle mesurée à la sortie du séchoir. Sur ce point, il faut noter qu'à la sortie du séchoir, le grain est rarement bien refroidi. De ce fait, sa teneur en eau mesurée en l'état par l'indicateur d'humidité est surestimée de 1 à 2 points. Ainsi, pour obtenir une valeur plus juste, une astuce consiste à placer l'échantillon dans un petit sac en jute, laissé durant une minute contre l'ouïe d'aspiration d'un ventilateur en fonctionnement afin de le refroidir rapidement sans perte d'eau. En dehors des classiques séchoirs à colonnes connus de tous, il apparaît sur le marché des séchoirs américains à double colonne qui sont à ranger dans la même catégorie.

### Séchoir à recirculation ou fonctionnant lot par lot

Le séchage classique avec séchoir à recirculation consiste à faire circuler le maïs dans la colonne autant de fois que nécessaire pour le sécher. Au cours du dernier passage, le grain est refroidi et rejoint le stockage.

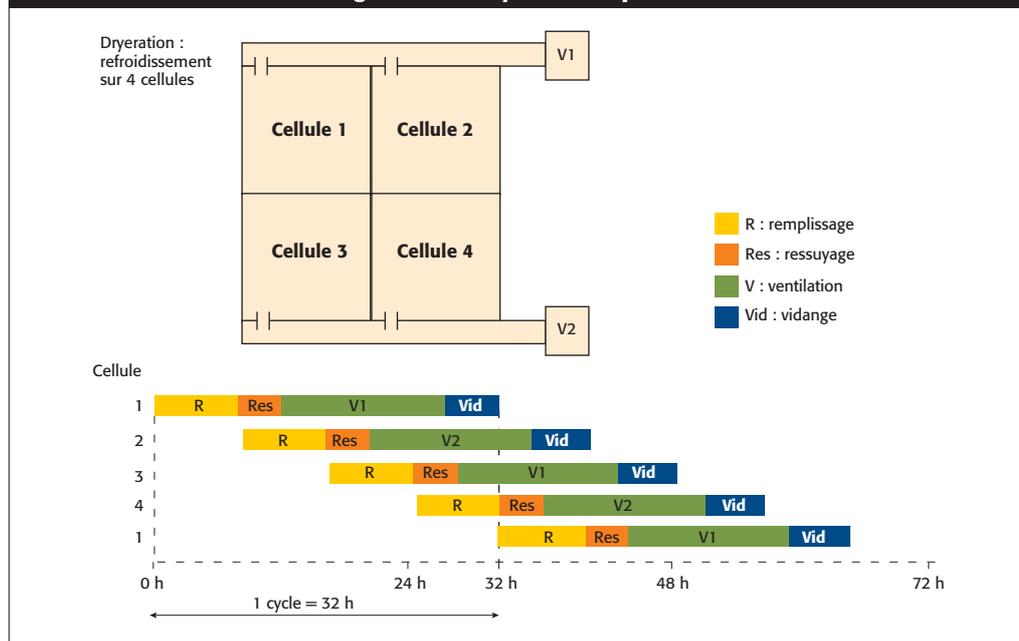
Ce type de séchage pourrait, en théorie, être associé à un cycle de « dryeration ». Dans la réalité, il est quasiment toujours utilisé en séchage simple. Cette méthode de séchage demande aussi des interventions plus fréquentes que le séchage classique.

Entrent dans cette catégorie outre des séchoirs à colonne, les séchoirs mobiles cylindriques. Sur ce même marché les cellules sécheuses avec ou sans vis de brassage, d'origine américaine, commencent à pénétrer.

### Refroidissement lent différé (dryeration)

Le maïsiculteur peut également opter pour un refroidissement lent différé, également appelé « dryeration ». Là, le refroidissement du grain n'a plus

## Principe du refroidissement lent différé (dryeration) avec 4 cellules et 2 ventilateurs. Diagramme du cycle correspondant.



lieu dans le séchoir mais dans un ensemble de cellules, toutes équipées d'une ventilation renforcée (50 m<sup>3</sup>/heure/m<sup>3</sup> de grain).

Par rapport au séchage classique, la méthode présente de nombreux avantages :

- augmentation de la capacité de séchage de 15 à 20 % à température d'air chaud identique,
- économie de combustible de 15 à 40 % (selon que le séchoir est déjà performant ou non),
- chute de près de 50 % du taux de grains brisés dus au séchage (tableau 1).
- meilleure qualité technologique du maïs qu'en séchage classique à température de séchage identique.

La dryeration est généralement associée aux séchoirs à colonne. Elle comprend quatre étapes successives :

#### Première étape

Le maïs fait tout d'abord l'objet d'un séchage en continu, depuis sa teneur en eau initiale jusqu'à une humidité de l'ordre de 18%. Pour les séchoirs continus, l'air chaud est envoyé dans toute la colonne de grain par transformation de la zone de refroidissement en zone de séchage. Une opération qui se fait

## Taux de grains fêlés et de grains brisés dus au séchage

Méthode de séchage	Grains fêlés (%)	Grains brisés (%)
Témoin (séchage à l'air ambiant)	1,5	5,6
Séchage normal	43,6	11,3
Dryeration	7,6	6,7

(source ARVALIS - Institut du végétal)



Les séchoirs à recirculation assurent le séchage et le refroidissement dans la colonne par autant de passages que nécessaire. © Euromat

généralement facilement par ouverture de volets internes et arrêt du ventilateur de refroidissement. Avec le séchoir à recirculation, le séchage est interrompu à 18 % d'humidité sans cycle de refroidissement.

La mesure de teneur en eau à l'aide d'indicateurs d'humidité

sur le grain sorti tel quel du séchoir, c'est-à-dire très chaud et humide, nécessite impérativement un refroidissement du grain avant la mesure (procéder comme indiqué précédemment), sans cela, la valeur indiquée par l'appareil sera surestimée de plusieurs points.

#### Deuxième étape

Le maïs, qui a atteint, en bas de la colonne, une température comprise entre 50 et 60 °C, est ensuite transféré dans une cellule dite de « dryeration » où on le laisse ressuyer pendant 8 à 12 h. Ce laps de temps permet à l'eau interne du grain de migrer vers la périphérie, beaucoup plus sèche et, de ce fait, d'être de nouveau disponible pour l'évaporation.

#### Troisième étape

La troisième étape consiste à refroidir lentement le maïs par l'application d'une ventilation à l'air ambiant, durant 12

à 15 h, avec un débit spécifique de 40 à 60 m<sup>3</sup>/h.m<sup>3</sup> de grain. Cette opération permet non seulement de refroidir le grain, mais aussi d'utiliser sa chaleur comme énergie d'évaporation de l'eau. Dans la pratique, la perte d'eau observée au refroidissement est de 1,5 à 2 points.

Néanmoins, pour obtenir le meilleur effet de séchage, plusieurs conditions doivent être satisfaites :

- une température du grain comprise entre 55 °C et 57 °C (un effet négatif sur la qualité est observé au-delà de 60 °C).
- une masse du grain complètement et régulièrement refroidie. Pour cela, il faut disposer d'un système de distribution d'air (gainnes de ventilation) bien conçu et éviter la formation du cône de remplissage (zone où le grain est tassé et mal ventilé) en aplanissant le haut de la cellule.

### Quatrième étape

La dernière étape consiste à vidanger la cellule de refroidissement pour transférer le grain vers le silo de stockage afin de la libérer pour recommencer un nouveau cycle.

### Plusieurs problèmes pratiques

La dryeration pose néanmoins plusieurs problèmes

## 2 Définir la température de séchage en fonction de l'humidité à la récolte et du débouché sur la base d'un séchage classique

Humidité de récolte (%)	Températures d'air chaud maximales (° C)			
	Maïs gavage	Maïs waxy	Maïs amidonnerie	Maïs consommation
20 - 24	90 - 100	100 - 110	130 - 140	130 - 140
25 - 27	90 - 100	100 - 110	130 - 140	130 - 140
28 - 30	80 - 90	90 - 100	120 - 130	130 - 140
31 - 34	70 - 80	80 - 90	110 - 120	120 - 130
35 - 38	60 - 70	70 - 80	100 - 110	110 - 120
39 - 43	40 - 50	50 - 60	80 - 90	100 - 110

source ARVALIS - Institut du végétal

pratiques. Ainsi, un séchoir fonctionnant en continu monopolise des capacités de stockage : un minimum de 3 cellules est indispensable, l'idéal est souvent 4. Dans le dernier cycle, ces cellules pourront néanmoins être utilisées pour le stockage, en laissant le dernier lot en place. Selon les situations, le procédé devra être adapté, mais dans tous les cas, il importe de respecter les durées préconisées (de 8 à 12 heures de ressuyage et 12 à 15 heures de ventilation). Un diagramme du cycle de travail tenant compte des durées de remplissage, de vidange, de ressuyage et de ventilation s'avère ici indispensable (figure 1).

Par ailleurs, la ventilation d'un maïs chaud et encore hu-

mide provoque un dégagement de buées très important pendant les premières heures. Si le local de stockage est fermé, cette vapeur d'eau doit être rejetée vers l'extérieur du bâtiment au moyen d'extracteurs d'air. De même, les cellules de dryeration seront isolées du reste du stockage par une cloison pour éviter les retombées d'eau de condensation de la toiture sur le grain des autres cellules.

La technique de dryeration peut se placer après chaque type de séchoirs, mais l'association est plus facile avec les séchoirs continus à colonne. Avec les séchoirs à recyclage, l'ajustement des différentes phases en fonction des débits de remplissage et de vidange peut vite devenir un casse-tête.

Citons pour mémoire le

« dryerateur » continu, très peu utilisé à la ferme. Il s'agit d'une cellule dont l'alimentation est automatisée, mise en série avec le séchoir. Cette cellule est conçue pour enchaîner dans sa partie haute la phase de ressuyage et dans sa partie basse la phase de ventilation. Malheureusement, le prix d'un tel équipement reste dissuasif pour les petites capacités.

### Des grains mal refroidis, c'est encore du pouvoir séchant

En règle générale, peu de séchoirs continus refroidissent complètement le grain en fin de séchage. Ce phénomène s'explique le plus souvent par un sous-dimensionnement de l'élément de refroidissement en bas de colonne. Il reste dans la masse de grain des calories qu'il faudra de toute façon évacuer pour en assurer une bonne conservation ultérieure. Ainsi, lors de la ventilation de refroidissement que l'on réalise pour le stockage définitif, un séchage de 0,5 à 0,7 point d'humidité s'ajoute au travail du séchoir. Il faut en tenir compte et se fixer une humidité de sortie séchoir aux alentours de 15,5 %. Cette précaution est indispensable pour éviter le sur-séchage du maïs.

En fonction du pouvoir séchant de cette ventilation, il peut être utile de placer des extracteurs de buées en toiture. Cette technique est appelée « petite dryeration » ou pseudo-dryeration ». Même si elle n'a pas les performances d'une vraie dryeration, la méthode apporte un gain par rapport à un séchage classique, en consommation d'énergie, en débit de l'installation et en qualité du maïs produit. Une étude au cas par cas s'impose pour en fixer les limites.

### Connaître les indicateurs d'humidité

Bien sûr, il est indispensable de contrôler la justesse de l'indicateur d'humidité. La comparaison de la mesure sur un même échantillon avec celle



© Agriconsult



d'un appareil d'organisme collecteur, vérifié chaque année par un organisme agréé, suffit souvent. L'autre option, autrement plus complexe, consiste à se rapprocher d'un laboratoire effectuant des dosages d'eau de référence. Un minimum de cinq échantillons couvrant la gamme de mesures habituelles est nécessaire pour mettre en évidence un éventuel biais. De ces deux solutions, la première est bien que moins précise, suffisante, de plus elle est gratuite.

Les écarts éventuellement observés doivent être pris en compte par la suite pour le pilotage du séchoir. Certains indicateurs d'humidité permettent de corriger directement

les courbes qu'ils ont en mémoire.

### Maîtriser la teneur en eau

Pour éviter tout surséchage, la maîtrise de la teneur en eau est absolument nécessaire. Ainsi, pour du maïs stocké jusqu'au printemps sous ventilation de refroidissement, l'objectif idéal de sortie du séchoir est de 15 à 15,5 % d'humidité. Le surséchage coûte cher car les derniers points d'humidité sont ceux qui demandent le plus d'énergie pour être évacués. De surcroît, comme le maïs est très rarement payé à la siccité, 1 % d'humidité en moins diminue d'autant la quantité livrée. De plus, la qualité est moins bonne.

En règle générale, plus le maïs est humide, moins la température de séchage doit être élevée. Le respect des couples « températures d'air chaud – humidité » permet d'atteindre les objectifs fixés, selon le débouché envisagé (*tableau 2*). Les valeurs fournies dans le tableau ne sont qu'une base moyenne de réglage, car il faut se souvenir que chaque site de séchage est un cas particulier. Ces conseils sont transposables à toutes les méthodes de séchage.

### Maîtriser et connaître la qualité pour mieux vendre

Tirer le meilleur profit d'un site de séchage c'est éviter le surséchage, synonyme de dépense inutile d'énergie, de manque à gagner au niveau du poids vendu et de risque pris sur la qualité produite. A ce sujet, l'agriculteur n'a que très peu de retour sur la qualité du maïs qu'il commercialise. S'il fait de la surqualité au prix d'une consommation en éner-

gie plus élevée - car il aura trop baissé les températures - il ne le sait pas.

La seule solution pour contrôler la qualité consiste à prélever des échantillons et à les faire analyser. Pendant toute la campagne de séchage, les spécialistes d'ARVALIS - Institut du végétal sont à la disposition des agriculteurs pour réaliser les analyses, commenter les résultats, analyser les performances de leur séchoir et partager une expérience forte de plus de 20 ans d'observations. Pour bien sécher sans trop sécher...

### En savoir plus

- Stockage et conservation des grains à la ferme. 206 pages. 145 photos et schémas. 27 tableaux. 20 euros. Editions ARVALIS - Institut du végétal, BP 5, 14410 VASSY, tél : 01 31 59 25 00, fax : 02 31 69 44 35.

