

Système mixte de séchage-conservation par le froid pour le maïs-grain

Serge Fortin, ingénieur, M. Sc. et Jean Quenneville, technicien, CÉROM, Saint-Bruno-de-Montarville

Ce feuillet présente de façon détaillée la technique de séchage-conservation par le froid du maïs-grain pour les producteurs récoltant de relativement petits volumes pour alimentation à la ferme.

Définition du système mixte

Le système mixte de séchage-conservation par le froid tel que son appellation l'indique fait appel à deux procédés pour assurer la conservation des grains. D'une part, on sèche une partie des grains à basse température par ventilation et, d'autre part, on profite du climat froid pour conserver les grains humides (figure 1).

En pratique, le maïs-grain est récolté et stocké directement dans la cellule, sans séchage préalable. La ventilation d'automne sèche une partie du silo, puis à l'arrivée de l'hiver on congèle les grains. Au printemps, la ventilation est remise en marche pour compléter le séchage des grains encore humides qui restent dans la cellule avant les températures plus élevées de l'été. (Figures 2 à 6).

Le système mixte, pour qui

Le système mixte de séchage-conservation par le froid est conçu uniquement pour les producteurs qui utilisent les grains pour l'alimentation du troupeau et qui prélèvent donc périodiquement et fréquemment des grains du silo.

Le succès du système mixte repose des équipements peu coûteux et sur le respect de quelques règles simples qui assurent la qualité des grains du silo.

Caractéristiques du système mixte

Le séchage à basse température consiste à remplir une cellule de maïs humide et à sécher tout le silo par ventilation, sans reprise de grains. Des travaux menés au Québec ont montré des problèmes sérieux pour cette technique: uniformité de séchage, qualité des grains, coût d'énergie, surséchage prononcé d'une partie importante du silo.

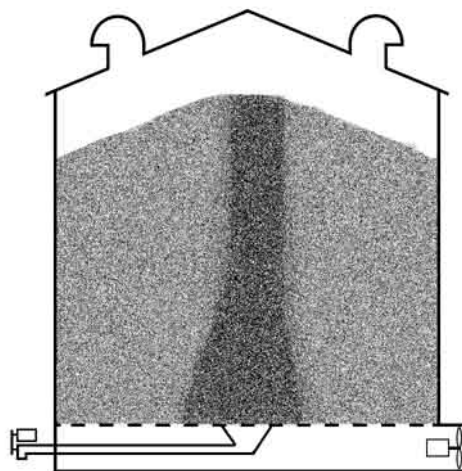


Figure 1. Le système mixte de séchage-conservation par le froid.

C'est la reprise régulière de grains qui rend l'approche du système mixte de séchage-conservation par le froid intéressante. En effet, cette reprise résout les problèmes du séchage à basse température, car il détasse la masse de grains et retire le coeur du silo où s'accumulent les particules fines, facilitant la ventilation séchante. De plus, elle réduit de façon importante la quantité de séchage puisque tous les grains repris depuis le remplissage jusqu'à la mi-mai n'ont pas à être séchés. Enfin, l'épaisseur réduite au printemps facilite le séchage des grains encore trop humides.

Conditions de succès du système mixte

Le respect des règles suivantes devrait assurer le succès du système mixte de séchage-conservation par le froid 19 années sur 20, c'est-à-dire prévenir une détérioration apparente du silo.

1. La teneur en eau du maïs récolté

Plus le maïs est sec à la récolte, meilleures sont les chances de succès, car la conservation des grains moins humides est toujours plus facile.

Généralement, une teneur en eau maximale de 24% est souhaitable. On ne doit jamais dépasser 26% de teneur en eau à la récolte. Si le maïs dépasse ce seuil, il faut retarder la récolte pour le laisser sécher au champ ou le sécher partiellement à haute température avant de remplir la cellule.

Les humidimètres de ferme mesurent la teneur en eau avec une erreur qui dépasse souvent 2 %. Une erreur aussi importante peut compromettre le succès du procédé de séchage-conservation.

Tableau 1. Débits d'air en système mixte.

| Teneur en eau, % | litres / seconde.mètre ³ |
|------------------|-------------------------------------|
| 22 | 10 |
| 24 | 12 |
| 26 | 15 |

2. La date de récolte

Les études ont montré que la date de récolte a peu d'influence sur le succès du système mixte si elle se situe du 15 octobre au 8 novembre.

3. Le volume du silo

Le système mixte est adapté pour des lots d'au plus 160 tonnes. Pour des volumes plus importants, on constitue deux silos dont on prélève du grain alternativement. Le tableau 2 donne le tonnage de maïs humide et l'équivalent de maïs sec à 14,5 % pour des silos remplis sans nivellement.

Cette limite découle de deux contraintes. D'une part, on doit limiter l'épaisseur de grain au mur à quelque 5 mètres pour que la puissance de ventilateur ne devienne pas trop importante. D'autre part, il est plus facile d'obtenir une uniformité de ventilation satisfaisante en limitant le diamètre de la cellule.

Enfin, le risque de détérioration est plus grand qu'à l'entreposage de grains secs, il est donc sage de limiter la quantité de grains par silo.

4. Le débit d'air de la ventilation séchante

L'air de ventilation extrait l'humidité du grain et l'évacue hors du silo. Son rôle est donc majeur pour la partie séchage du système mixte. Le débit d'air recommandé dépend de la teneur en eau des grains mis en silo : plus les grains sont humides, plus leur séchage doit être rapide et plus le débit d'air requis est élevé (voir le tableau 1).

5. Remplissage de la cellule

En système mixte de séchage-conservation par le froid, on n'utilise pas de distributeur au remplissage de la cellule et on ne nivèle pas les grains en fin de remplissage. Ainsi, les particules et débris fins s'accumulent au coeur du silo et ils sont retirés en début de reprise (figure 2). Il faut que la chute des grains soit bien centrée au remplissage. Au besoin, munir le convoyeur d'une goulotte pour que la chute des grains soit bien verticale et bien centrée.

En laissant les grains former un monticule en surface du silo, on favorise une ventilation plus forte vers la paroi de la cellule où l'épaisseur de grains est moindre (figure 2). Plus tard, lorsque le cône de vidange s'établit, la situation s'inverse et les grains situés au centre reçoivent plus d'air que ceux en périphérie (figure 5). Globalement, on favorise l'uniformité de séchage du silo.

6. Le nettoyage des grains

La propreté des grains est importante pour l'uniformité de ventilation et pour tirer le débit d'air maximal du ventilateur. Normalement, à des teneurs en eau de 22 à 26 %, une moissonneuse-batteuse bien réglée produit du maïs assez propre.

7. Le chauffage de l'air de ventilation

Les études par simulation démontrent que le réchauffement de l'air de ventilation de 2 à 3 °C n'est pas bénéfique pour le séchage et la conservation du maïs, peu importe la teneur en eau ou les conditions climatiques.

En pratique, les travaux ont montré que l'addition de chaleur augmente de beaucoup le coût de séchage à basse température. Il est généralement préférable d'investir pour augmenter la puissance du ventilateur que pour installer des éléments chauffants.

Équipements requis pour le système mixte

1. La cellule d'entreposage

La cellule cylindrique en acier galvanisé est généralement utilisée. D'autres structures peuvent également être utilisées si elles permettent de reproduire les conditions de succès énoncées.

Tel que mentionné, on limite le volume de maïs par silo à quelque 150 tonnes et l'épaisseur de grains au mur à 5 mètres. Ainsi, les cellules ne doivent pas dépasser un diamètre de 7,3 mètres.

La hauteur de la cellule doit être suffisante pour permettre au producteur d'y entrer en tout temps pour faire l'inspection périodique du silo.

2. Le plancher perforé pleine grandeur

Afin de favoriser l'uniformité de ventilation et de séchage et le débit maximum du ventilateur, un plancher perforé pleine grandeur est nécessaire.

3. Le ventilateur

Le ventilateur est la composante la plus importante de la cellule. La récolte aux teneurs en eau les plus basses n'est pas certaine à chaque année, il est donc prudent de choisir un ventilateur pouvant donner 15 l/s.m³ de grains pour parer les années plus difficiles.

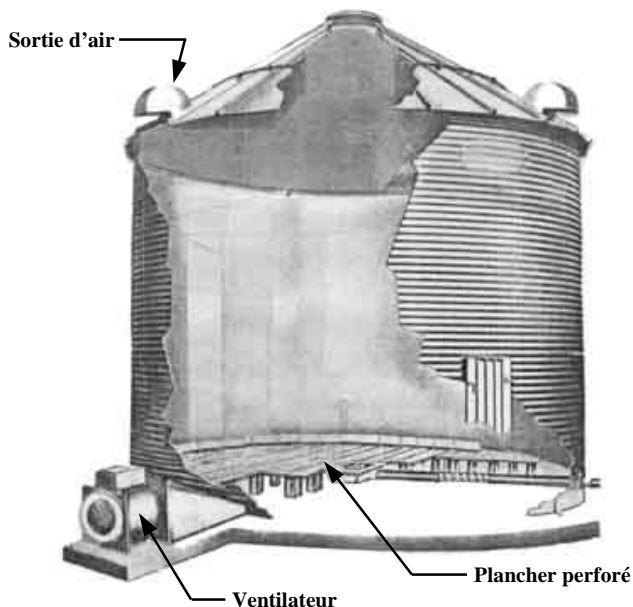


Figure 2. Les équipements requis pour le système mixte de séchage-conservation du maïs.

Le tableau 2 présente les ventilateurs requis pour différents silos. Les ventilateurs recommandés sont de type axial dans presque tous les cas. Les ventilateurs de type centrifuge ou centrifuge-axial ne sont recommandés que pour des cas spéciaux ou pour les cas de problèmes de bruit. Autrement, leur coût plus élevé n'est pas justifié et leur rendement est même souvent plus faible.

4. La direction de l'air de ventilation

L'air doit être poussé du plancher vers le dessus du silo. Ainsi, les premiers grains secs sont ceux du fond du silo, soit ceux qui séjournent le plus longtemps dans la cellule avant d'être repris.

5. Les sorties d'air

Les sorties d'air ne doivent pas limiter le débit du ventilateur. Si la pression de l'air pousse sur la porte du toit, les sorties d'air sont insuffisantes.

Les sorties d'air doivent totaliser une section de 0,2 m² par 1000 l/s de débit d'air. Le tableau 2 donne la section de sorties d'air de quelques silos.

Un exemple de calcul

Pour un silo de quelque 65 tonnes de grain sec à 14,5 % de teneur en eau (environ 80 t de maïs humide), on a le choix entre des cellules de 5,2 et de 5,8 m de diamètre. Pour un débit d'air de 15 l/s.m³, un ventilateur de 2,3 kW suffit pour la deuxième cellule, alors que 3,8 kW sont requis pour la cellule de 5,2 m de diamètre. Cette différence s'explique par une épaisseur de grains moindre dans la cellule de 5,8 m de diamètre (4 m au lieu de 5).

Les coûts du système mixte

Par rapport à une cellule d'entreposage de grains secs, il suffit d'un ventilateur plus puissant et de sorties d'air additionnelles, un coût peu élevé.

Le coût d'énergie est généralement plus faible que pour le séchage à haute température du même volume de maïs. Ainsi, il peut prendre quelque 2000 heures d'opération du ventilateur. Pour un silo d'une centaine de tonnes, le coût d'énergie pourra se situer de 3,00 à 5,00 \$/tonne.

Enfin, le système mixte permet la mise en silo directe du maïs à la récolte, éliminant les coûts de transport et manutention associés au séchage.

Tableau 2. Ventilateur (kW), sorties d'air pour 15 l/s.m³, tonnes de maïs humide et de maïs sec à 14,5%.

| Dimensions du silo | | | Teneur en eau : 22% | | | Teneur en eau : 24% | | | Teneur en eau : 26% | | |
|--------------------|--------|----------------|-------------------------------------|---------|-----------|-------------------------------------|---------|-----------|-------------------------------------|---------|-----------|
| Dia. | Épais. | Sorties air | Débit d'air : 10 l/s.m ³ | | | Débit d'air : 12 l/s.m ³ | | | Débit d'air : 15 l/s.m ³ | | |
| m | m | m ² | kW | tee 22% | tee 14,5% | kW | tee 24% | tee 14,5% | kW | tee 26% | tee 14,5% |
| | 3 | 0,2 | 0,8 | 33 | 30 | 0,8 | 33 | 29 | 0,8 | 32 | 28 |
| 4,3 | 4 | 0,2 | 0,8 | 43 | 40 | 0,8 | 43 | 37 | 1,1 | 42 | 36 |
| | 5 | 0,3 | 1,1 | 53 | 49 | 1,1 | 52 | 47 | 3,8 | 51 | 44 |
| 5,2 | 3 | 0,3 | 0,8 | 50 | 46 | 0,8 | 49 | 43 | 1,1 | 48 | 42 |
| | 4 | 0,4 | 1,1 | 64 | 58 | 1,1 | 63 | 56 | 2,3 | 62 | 54 |
| | 5 | 0,5 | 1,1 | 79 | 73 | 2,3 | 77 | 69 | 3,8 | 76 | 65 |
| 5,8 | 3 | 0,3 | 0,8 | 63 | 57 | 0,8 | 62 | 55 | 1,1 | 61 | 53 |
| | 4 | 0,4 | 1,1 | 81 | 74 | 1,1 | 80 | 71 | 2,3 | 78 | 68 |
| | 5 | 0,5 | 2,3 | 99 | 90 | 2,3 | 97 | 87 | 3,8 | 96 | 83 |
| 6,4 | 3 | 0,4 | 0,8 | 78 | 71 | 1,1 | 76 | 68 | 1,1 | 75 | 65 |
| | 4 | 0,6 | 1,1 | 100 | 91 | 2,3 | 98 | 88 | 3,8 | 96 | 83 |
| | 5 | 0,7 | 2,3 | 122 | 111 | 2,3 | 120 | 106 | 5,6 cent. | 117 | 102 |
| 7,3 | 3 | 0,5 | 1,1 | 104 | 95 | 1,1 | 102 | 90 | 2,3 | 100 | 87 |
| | 4 | 0,7 | 2,3 | 132 | 120 | 2,3 | 130 | 116 | 3,8 | 127 | 110 |
| | 5 | 0,8 | 3,8 | 161 | 146 | 3,8 | 158 | 140 | 5,6 cent. | 155 | 135 |

L'opération du système mixte

1. Remplissage de la cellule (figure 3)

Remplir la cellule de grains propres et lancer la ventilation séchante immédiatement.

Si le débit d'air est à la limite acceptable ou si les grains sont un peu trop humides, récolter les grains en deux lots à intervalle de 10 à 15 jours. Le premier lot récolté reçoit un débit d'air plus élevé et sèche plus vite, pendant que le reste de la récolte sèche au champ.

2. Ventilation séchante d'automne (figure 4)

Ventiler continuellement le silo depuis le remplissage jusqu'à l'arrivée de l'hiver.

On poursuit la ventilation même par temps humide. Les grains déjà secs redonnent à l'air un pouvoir séchant pour les grains plus humides et la ventilation prévient l'échauffement des grains.

3. Conservation d'hiver (figure 5)

Lorsque l'hiver est engagé et que les températures se maintiennent sous le point de congélation, vers la mi-décembre, on ventile pour congeler le silo à environ -5 °C pour toute la durée de l'hiver.

À intervalles de 15 à 20 jours, on ventile le silo pendant quelques heures lorsque la température extérieure se situe aux environs de -5 °C afin de prévenir l'accumulation d'humidité.

Lors des dégels, inspecter le silo pour détecter la condensation d'humidité et ventiler au retour du froid pour chasser celle-ci sans réchauffer le silo.

4. Ventilation séchante de printemps (figure 6)

Au début avril, vérifier s'il reste des grains humides dans le silo. Si la tranche humide est importante (1 m et plus), niveler la surface et lancer la ventilation séchante. Mesurer périodiquement la teneur en eau des grains pour détecter la fin du séchage et arrêter la ventilation.

Si la tranche de grains humides est peu importante, il n'est pas nécessaire de ventiler pour sécher ces grains, car ils seront repris avant l'arrivée de l'été. Dans ce cas, ventiler périodiquement pour maintenir les grains frais.

5. Conservation d'été

Inspecter et ventiler périodiquement les grains secs pour en maintenir la température.

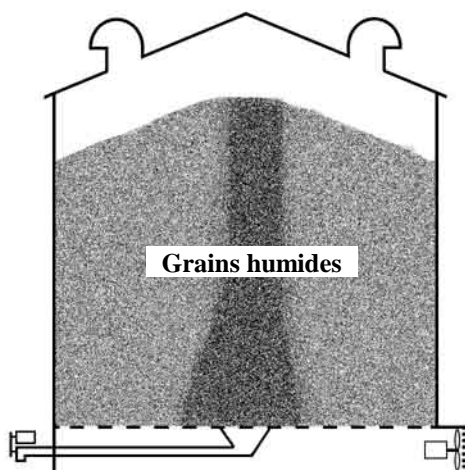


Fig. 3. Le silo est rempli sans distributeur, les particules fines s'accumulent au cœur du silo.

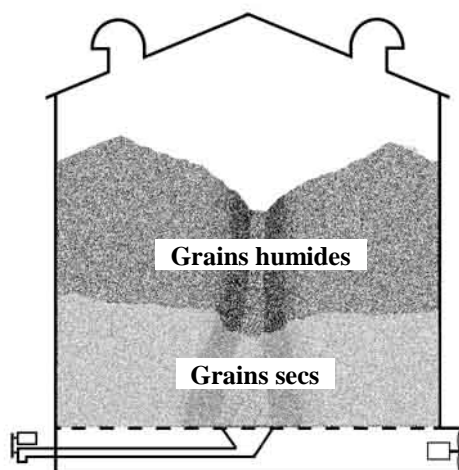


Fig. 4. Dès le début de la reprise, le cœur du silo est retiré.

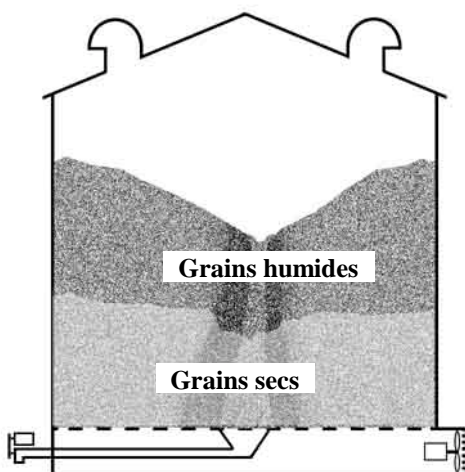


Fig. 5. Pour l'hiver, une ventilation périodique sert à maintenir les grains froids.

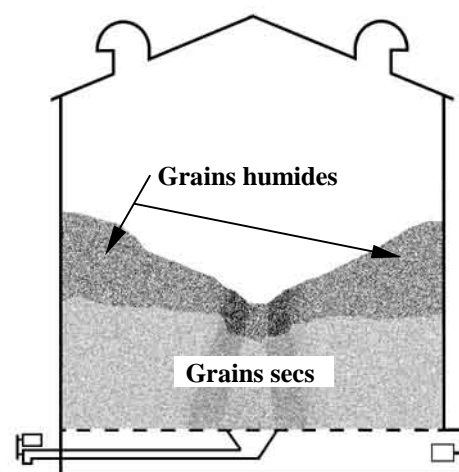


Fig. 6. Au printemps, la ventilation complétera le séchage des grains encore humides.

2002-01-09

Le Centre de recherche sur les grains (CÉROM) inc. a pour mission de faire de la recherche d'intérêt public et collectif pour le développement du secteur de la production de grains. Le Centre de recherche sur les grains inc. a été créé à l'initiative du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec auquel se sont associées la Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec et la Coopérative fédérée de Québec dans le financement et la gestion de la recherche du CÉROM.

335 Chemin des Vingt-cinq Est
 Saint-Bruno de Montarville (Québec)
 Canada J3V 4P6

Fax : 450 441-5694

www.cerom.qc.ca