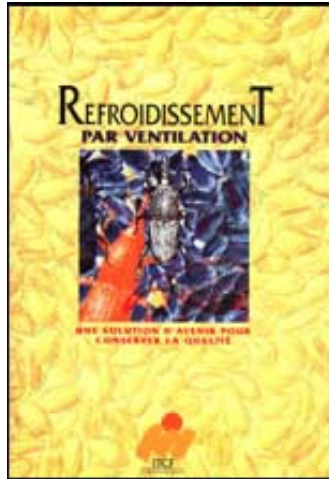


[Home](#) > (From globally distributed organizations, to supercomputers, to a small home server, if it's Linux, we know it).[.ar](#).[.cn](#).[.de](#).[.en](#).[.es](#).[.fr](#).[.id](#).[.it](#).[.ph](#).[.po](#).[.ru](#).[.sw](#)



Refroidissement par ventilation

[Table des matières](#)

**Dossier réalisé par: Gilbert Niquet et Pierrick Berhaut
ITCF**

Une solution d'avenir pour conserve la qualité des grains!

Avec la participation de Jean-Louis Poichotte (expert)

Perspectives Agricoles - n°216 - Septembre 1996

Table des matières

[Respecter de plus des spécifications plus pointues](#)

[Même après récolte...le grain respire](#)

[Biologie: Les insectes n'aiment pas le froid](#)

[Stratégie: Un refroidissement complet par paliers](#)

[Des cases à fond plat aux cellules de grande hauteur: Le matériel doit être parfaitement adapté](#)

[Installation de ventilation: A bien raisonner pour un coût limité](#)

[Stockage à la ferme: La qualité est aussi l'objectif n°1](#)

[Témoignages: Ce qu'en pensent les responsables de silos!](#)

[Table des matières](#) - [Suivante](#) ➤

[Home](#)"" """"> (From globally distributed organizations, to supercomputers, to a small home server, if it's Linux, we know it).[.ar](#).[.cn](#).[.de](#).[.en](#).[.es](#).[.fr](#).[.id](#).[.it](#).[.ph](#).[.po](#).[.ru](#).[.sw](#)

Respecter de plus des spécifications plus pointues

Le "capital qualité" des grains récoltés doit être préservé au stockage de façon à assurer un approvisionnement des différents marchés tout au long de l'année en respectant des "spécifications" de plus en plus pointues.

Si la "ventilation" est connue et pratiquée depuis fort longtemps, son utilisation optimisée permettant de valoriser le "froid naturel" de l'air

ambient pour contrôler et détruire les insectes ravageurs, constitue une avancée importante.

Bien appliquée, la technique de "refroidissement par la ventilation" permet de résoudre l'équation "pas d'insectes pas de résidus". On sent bien que cette dernière préoccupation ne pourra que s'accroître sous la pression de consommateurs inquiets et plus ou moins bien informés et la réponse des pouvoirs publics réagissant selon "le principe de précaution".

Outre son rôle "écologique" cette technique est très bien adaptée à nos conditions climatiques et peut s'appliquer dans les différentes installations de stockage existants, de la ferme au silo de report.

Outre la lutte contre les insectes, sa mise en oeuvre assure la préservation de la qualité sanitaire, la maîtrise de la microflore naturelle ainsi que le maintien du pouvoir germinatif et de la qualité technologique des matières premières. De plus, elle est économique lorsqu'on compare son coût de mise en oeuvre à celui des traitements habituellement pratiqués.

Michel Leuillet

Insectes et qualité technologique des blé

Un blé fortement charançonné voit sa valeur marchande réduite. Au plan technologique on observe déjà, à la première transformation, une baisse de la quantité de farine produite (rendement meunier réduit).

A partir de la farine ainsi produite, les pains peuvent présenter une mie grise et une odeur désagréable.

Les fragments d'insectes présents dans la farine sont dénombrés au laboratoire par la réalisation du "filth test" (nonne française AFNOR NF V 03 - 718 de juin 1988). Cette détermination est assez longue: de l'ordre de la demi-journée. Cependant, une évolution dans la méthode qui devrait être prochainement normalisée permettra d'effectuer ces déterminations en une trentaine de minutes aussi bien sur grains, issues et farine.

Par ailleurs, des laboratoires travaillent à la mise au point de kits de mesures

rapides basées sur la détection d'une protéine spécifique des insectes.

Le grain refroidi conserve sa valeur d'utilisation

La technique de refroidissement des grains à l'air ambiant a été appliquée à de nombreuses reprises en cellules suivies régulièrement à l'ITCF pendant toute une durée de stockage. Qu'il s'agisse de farine ou de malt, les résultats obtenus témoignent de l'excellente efficacité de la technique de refroidissement des grains à l'air ambiant.

Exemple sur farine:	Mise en cellule	12 mois plus tard
Résultats à l'alvéographe		
Force boulangère w	234	246
Gonflement G	24,1	25,8
Note de panification	178	179

CNERNA		
Exemple sur malt:	Mise en route	12 mois plus tard
Protéines solubles (% MS)	3,6	3,6
Indice Kolbach	33,0	32,0
Pouvoir diastasique (WK)	305	295

[Technique de refroidissement des grains à l'air ambiant](#)

[Table des matières](#) - [Suivante](#) ➤

[Table des matières](#) - ◀ [Précédente](#) - [Suivante](#) ➤

[Home](#) > (From globally distributed organizations, to supercomputers, to

**a small home server, if it's Linux, we know
it).[.ar](#)[.cn](#)[.de](#)[.en](#)[.es](#)[.fr](#)[.id](#)[.it](#)[.ph](#)[.po](#)[.ru](#)[.sw](#)**

Même après récolte...le grain respire

Des grains

Le grain est un organisme vivant même après la récolte. Son activité se traduit par la respiration! Elle provoque une perte de matière sèche d'autant plus importante que le grain est chaud et humide.

Cette respiration s'accompagne d'autres dégradations telles que la baisse du pouvoir germinatif, l'infestation d'insectes ou le développement de moisissures et diminution des caractéristiques technologiques (valeur boulangère en particulier).

A la récolte, il faut donc contrôler la teneur en eau des grains ainsi que leur température.

Les points clés

- 1. Eviter de récolter des céréales au dessus de 16 %. Si cela n'est pas possible, il est impératif de les sécher.**
- 2. Se souvenir qu'un humidimètre indiquera une valeur inférieure de plusieurs points à la réalité dans le cas d'un grain à peine sec (« 16 %) ayant supporté les rayons du soleil pendant plusieurs heures. Une mesure réalisée quelques jours plus tard fournira le bon résultat**
- 3. Dans tous les cas, un refroidissement s'impose.**

Perte de matière sèche

Le grain stocké respire: sous l'effet de la chaleur et éventuellement de l'humidité, son amidon se dégrade à et se transforme en gaz carbonique (accompagné de vapeur d'eau) avec production de chaleur qui n'atteindra cependant jamais une température permettant une inflammation spontanée de la masse. Cette respiration a donc pour conséquence d'augmenter naturellement la température du grain. Cette réaction s'accélère d'elle-même et, dans les cas extrêmes (maïs grain récolté à 35 % ou plus), la température

d'un lot peut atteindre 60°C en quelques jours, puis se stabiliser avant de redescendre ensuite très lentement. La perte de matière sèche (ou freinte) peut atteindre et même dépasser 1 % de la masse totale, voire 3 à 4 % en une semaine si le grain est très humide. Pour un lot de grain récolté «aux normes d'humidité» ou plus sec (mais chaud »30°C), le dégagement de chaleur, s'il est insuffisant pour faire monter significativement la température, est malgré tout suffisant pour la maintenir à son niveau de départ. Dans ce cas, la perte de matière sèche est plus faible que précédemment (mais elle n'est jamais nulle). Pour la réduire, une seule solution existe: la ventilation de refroidissement à l'air ambiant!

Insectes

Comme la plupart des espèces, les insectes ne peuvent vivre et se reproduire correctement que dans des conditions bien précises: entre 12 et 35 °C et entre 50 et 80 % d'humidité relative ambiante. Ainsi, des grains récoltés «secs» peuvent être infestés car leur teneur en eau est généralement supérieure à 10 - 11 % et leur température toujours supérieure à 12 °C. L'intérêt du stockeur étant de conserver le grain à une teneur en eau proche

des normes, il ne peut agir que sur la température et la ramener à une valeur inférieure à 12°C Pour cela, il a à sa disposition la technique de la ventilation de refroidissement.

Moisissures

Pour des grains très humides, le risque de développement des moisissures est important et cela quelle que soit la température! A 15 % d'humidité, il est fortement réduit. il en est de même si l'on baisse la température du grain à 20°C

Ainsi, pour des céréales récoltées et stockées aux normes, la ventilation de refroidissement présente un effet limitant sur la prolifération des moisissures.

Pour en savoir plus

- **Les bonnes pratiques du stockage des grains - Guide du chef de silo FFCAT-ITCF, octobre 1995**
- **Qualité des céréales: Produire pour vendre - Perspectives Agricoles n**

°203, juin 1995, p XXII- XXV

- **Ventilation raisonnée, conservation assurée. Perspectives Agricoles n° 193, juillet - août 1994, p 96 à 100**
- **Recueil des journées Nationales sur le Stockage des Grains - ITCF - FFCAT - INAC 22 et 24 mars 1994**
- **Stockage à plat des céréales pour une durée indéterminée Guide des bonnes pratiques du GLCG-FFCAT-FNA-ONIC, 1996**

Baisse du pouvoir germinatif

Lorsqu'un grain est récolté trop chaud et trop humide, son pouvoir germinatif commence à baisser après le premier mois de stockage Ceci entraîne une baisse de la qualité technologique qui se traduit par une perte d'amidon, une augmentation de l'acidité grasse...

Pour les orges de brasserie ainsi que pour les semences, ce point est capital et réglementé:

- **orges de brasserie: nonne NF 03-745 addendum IV selon laquelle 95 %**

des grains doivent germer avec un minimum de 92 %.

- **semences: réglementation internationale ISTA. Selon les espèces, 80 à 90 % des grains doivent donner une plantule normale.**

Ainsi, pour des grains récoltés et conservés à une teneur en eau conforme aux normes commerciales, la ventilation de refroidissement constitue le moyen le plus efficace pour maintenir le potentiel germinatif.

Attention au phénomène de dormance: une augmentation de quelques points du pouvoir germinatif est fréquente durant les mois suivant la récolte: le germe a besoin de quelques semaines pour atteindre son potentiel maximum, c'est ce que l'on appelle la levée de la dormance.

[Diagramme de conservation des céréales](#)

[Table des matières](#) - [◀ Précédente](#) - [Suivante ▶](#)

[Table des matières](#) - [◀ Précédente](#) - [Suivante ▶](#)

Home"" """"> (From globally distributed organizations, to supercomputers, to a small home server, if it's Linux, we know it).[.ar](#).[.cn](#).[.de](#).[.en](#).[.es](#).[.fr](#).[.id](#).[.it](#).[.ph](#).[.po](#).[.ru](#).[.sw](#)

Biologie: Les insectes n'aiment pas le froid

Il faut faire la distinction entre les insectes rencontrés dans les champs (blaniules, nématodes, bruches, punaises, cécidomyies) et les insectes dits "des denrées stockées" (coléoptères et lépidoptères). Il s'agit bien de deux populations distinctes, aucune n'étant capable de survivre dans le milieu favorable à l'autre.

Le charançon

Le charançon

- Conditions de développement

- **température: entre 12 et 35 °C**
 - **humidité relative ambiante: au moins 40 à 45 %**
 - **teneur en eau des grains: au moins 11 % à 12 °C et 14 % à 32 °C**
-
- **Longévité des adultes: moyenne de 4 à 6 mois**
 - **Ponte:**
 - **durée: au moins 6 semaines**
 - **nombre d'œufs par femelle: 200 à 300 en moyenne**
 - **Développement œuf - adulte (à 60 % d'humidité relative)**
 - **30 jours à 30 °C**
 - **40 jours à 25 °C**
 - **70 jours à 20 °C**
 - **160 jours à 15 °C pas de développement si la température est inférieure à 12 °C**
 - **destruction complète si la température est inférieure à 5 °C durablement**

- **Taux d'accroissement de la population en 28 jours: x 20**
- **Signes particuliers:**
 - **les élytres du charançon étant soudées, il ne vole pas.**
 - **les adultes pondent 1 œuf par grain**
 - **mode de nourriture: adultes déchets et formes cachées: intérieur du grain**

Le silvain

Le silvain

- **Conditions de développement**
 - **température: entre 21 et 38 °C**
 - **humidité relative ambiante au moins 50 %**
 - **teneur en eau des grains au moins 10 %**

- **Longévité des adultes: 6 à 10 mois**

- **Ponte durée: 2 mois nombre d'oeufs par femelle: 300**
- **Développement œuf adulte (à 80 % d'humidité relative)**
 - **20 jours à 32 °C**
 - **25 jours à 27 °C**
 - **50 jours à 23 °C**

- **Taux d'accroissement de la population en 28 jours: x 50**
- **Signes particuliers:**
 - **le silvain vole rarement**
 - **les adultes pondent sur les grains et dans les brisures**
 - **mode de nourriture: adultes et larves: brisures**

Le tribolium

[Le tribolium](#)

- **Conditions de développement**

- **température: entre 20 et 40 °C**
- **humidité relative ambiante au moins 30 %**
- **teneur en eau des grains au moins 10 %**

- **Longévité des adultes: 2 à 3 ans**

- **Ponte:**

- **durée: 150 à 250 jours**
- **nombre d'oeufs par femelle: 300 à 900**

- **Développement oeuf - adulte (à 70 % d'humidité relative)**

- **20 jours à 35 °C**
- **50 jours à 25 °C**
- **140 jours à 20 °C**
- **destruction complète si la température est inférieure à 7 °C pendant 1 mois**

- **Taux d'accroissement de la population en 28 jours: x 60**
- **Signes particuliers:**
 - **les adultes pondent dans les brisures**
 - **mode de nourriture: adultes et larves: brisures**
 - **sécrétion malodorante**

Le capucin

[Le capucin](#)

- **Conditions de développement**
 - **température: entre 22 et 38 °C**
 - **humidité relative ambiante: de 40 à 70 %**
 - **teneur en eau des grains: 10 à 14%**
- **Longévité des adultes: 4 à 8 mois**
- **Ponte**

- **nombre d'oeufs par femelle: 300 à 400**
- **Développement oeuf adulte (à 70 % d'humidité relative)**
 - **pas de développement si la température est supérieure à 38 °C**
 - **25 jours à 34 °C**
 - **pas de développement si la température est inférieure à 22 °C**
- **Taux d'accroissement de la population en 28 jours: x 20**
- **Signes particuliers:**
 - **les adultes pondent dans les brisures**
 - **mode de nourriture: adultes: une partie des grains et larves: les restes - volent très aisément**

Les teignes

[Les teignes](#)

- **Conditions de développement:**

- **température: 17 à 37 °C**
- **humidité relative ambiante: 40 à 75 %**
- **teneur en eau des grains: au moins 10 %**

- **Longévité des adultes: 1 à 3 semaines**
- **Ponte**
 - **durée: 1 semaine**
 - **nombre d'oeufs par femelle: 200**

- **Développement oeuf - adulte (à 70 % d'humidité relative)**
 - **28 jours à 30 °C**
 - **84 jours à 20 °C**

- **Taux d'accroissement de la population en 28 jours: x 20**
- **Signes particuliers:**
 - **mode de nourriture: chenilles: le germe**

- **la chenille produit du fil de soie au dessus du tas de grain**

L'alucite

L'alucite

- **Conditions de développement température: 15 à 35 °C**
 - **humidité relative ambiante au moins 30 à 40 %**
 - **teneur en eau des grains au moins 9**
- **Longévité des adultes: 2 à 4 semaines**
- **Ponte:**
 - **durée: 1 à 2 semaines**
 - **nombre d'oeufs par femelle: 200 á 300**
- **Développement oeuf - adulte (à 70 % d'humidité relative)**
 - **20 jours à 35 °C**

- **25 jours à 30 °C**
 - **35 jours à 20 °C**
 - **60 jours à 15 °C**
-
- **Taux d'accroissement de la population en 28 jours: x 50**
 - **Signes particuliers:**
 - **la chenille pénètre les grains et les mange de l'intérieur (comme les larves de charançons).**
Elle infecte le blé mais aussi le maïs en épis
 - **elle donne un goût de «rance» au grain**

Les acariens

Les acariens

- **Conditions de développement**
 - **température: entre 5 et 32 °C**

- **humidité relative ambiante 80% teneur en eau des grains: au moins 15 %**

- **Longévité des adultes: 2 mois**
- **Ponte:**
 - **durée: 2 mois**
 - **nombre d'oeufs par femelle: 200**

- **Développement oeuf - adulte (à 85 % d'humidité relative)**
 - **10 jours à 25 °C**

- **Taux d'accroissement de la population en 1 mois: un couple d'acariens peut avoir 2500 descendants**
- **Signes particuliers:**
 - **les acariens peuvent s'attaquer aux moisissures accompagnant les grains, et si ceux-ci sont très humides, s'attaquer aux**

germes.

[Table des matières](#) - [◀ Précédente](#) - [Suivante ▶](#)

[Table des matières](#) - [◀ Précédente](#) - [Suivante ▶](#)

[Home](#)"" """"> (From globally distributed organizations, to supercomputers, to a small home server, if it's Linux, we know it).[.ar](#).[.cn](#).[.de](#).[.en](#).[.es](#).[.fr](#).[.id](#).[.it](#).[.ph](#).[.po](#).[.ru](#).[.sw](#)

Stratégie: Un refroidissement complet par paliers

[Un refroidissement complet par paliers](#)

La connaissance de la biologie du charançon du blé (insecte le plus résistant aux basses températures parmi les coléoptères et les lépidoptères) montre que son développement est stoppé dès que la température de son

environnement est inférieure à 12°C. Par ailleurs, si les acariens sont plus résistants au froid, ils ont besoin pour se reproduire d'une humidité ambiante très importante peu compatible avec un bon stockage. Pour éviter toute infestation d'insectes dans un tas de grains stockés aux normes, il suffit donc de baisser sa température en dessous de 12°C. On a vu que ces conditions de stockage éliminent aussi les autres risques de dégradation de la qualité. De plus, en maintenant durablement la température en dessous de 5°C, on obtient un effet insecticide par mort des insectes adultes et de leurs larves.

Or, il n'est pas possible de ramener à 12°C et à plus forte raison à 5°C dès la récolte la température d'un lot de grain arrivant du champ à 30 ou 35°C. Afin d'éviter des condensations sur les parois et au dessus du tas de grain (sauf à la récolte car les risques de condensation sont faibles), il est conseillé de ne refroidir le grain que par étapes de 5 à 9°C. Il faut donc le refroidir par paliers successifs: deux à trois suffisent pour baisser la température de stockage en dessous du seuil de développement des insectes. Un palier supplémentaire amène ensuite la température du grain entre 0 et 5°C.

Dans les cellules de grande hauteur ventilées par aspiration, bien, qu'il soit préférable de refroidir le grain par palier, il est possible de ventiler quel que soit l'écart de température entre l'air et le grain, car l'air chaud et humide sortant du grain est évacué vers l'extérieur.

Une installation de thermométrie permet de connaître en permanence la température des grains stockés. Elle peut être complexe (plusieurs sondes fixes) ou simple (une seule sonde mobile).

Il est nécessaire d'automatiser la ventilation à l'aide d'un thermostat mesurant la température de l'air extérieur. Il permet, à partir de l'affichage d'une température dite "valeur de consigne", d'enclencher la mise en marche et l'arrêt du ventilateur.

La mise en œuvre du procédé est simple: il suffit de régler le thermostat sur une valeur de température inférieure de 8 à 10°C à celle du grain et de recommencer ultérieurement avec une valeur plus basse lorsque le grain situé en haut de la cellule a été refroidi.

Le premier palier

A la récolte, le grain est souvent sec, et sa température se situe entre 25 et 35°C. Il est trop chaud pour ne pas subir de dégradations au cours de son stockage. Il faut donc procéder sans tarder à un premier palier de refroidissement. Celui-ci peut commencer dès que les gaines de ventilation sont recouvertes d'un à deux mètres de grain sans attendre la fin du remplissage de la cellule.

Installation équipée d'un thermostat

Quelle que soit la température du grain au moment de sa mise en cellule, le thermostat est réglé sur 18 à 20°C. Le ventilateur fonctionne dès que la température ambiante devient inférieure à cette consigne (essentiellement la nuit). Après refroidissement complet du tas de grain, il faut désactiver le thermostat ou le régler sur un nouveau seuil, par exemple, entre 10 et 12°C.

Installation non équipée d'un thermostat

L'absence de thermostat ne veut pas dire absence de thermométrie!

Dans ce cas, il faut connaître (outre la température du grain), la température ambiante et surtout l'évolution des minima nocturnes. Le ventilateur est mis en route le soir et arrêté le matin durant les périodes où les minima vont se maintenir durablement à un niveau inférieur à la température du grain. Mais attention, si le ventilateur est mis en route trop tôt le soir ou arrêté trop tard le matin, le grain risque d'être réchauffé en bas du tas. Toute l'opération de refroidissement est à recommencer entièrement puisqu'il va falloir faire traverser la couche réchauffée accidentellement dans toute la cellule.

Le processus n'est arrêté que lorsque le tas de grain est complètement refroidi.

Le second palier

Après le premier palier, la température du lot de grain doit se situer à une valeur proche de 20°C. trop élevée pour assurer une bonne conservation sur une longue période. L'opération précédente doit être renouvelée dès que les

conditions thermiques ambiantes le permettent.

Installation équipée d'un thermostat

Dès la fin du 1^{er} palier, le thermostat a été reréglé vers 12°C. Il commande le fonctionnement du ventilateur dès que la température ambiante descend en dessous de ce seuil. En général, ce second palier peut être réalisé avant la fin du mois d'octobre. Le seul facteur limitant est constitué par le fait qu'un seul ventilateur doit refroidir successivement un nombre plus ou moins important de cellules. Dans ce cas, il faut privilégier le grain présentant la plus grande valeur marchande et / ou le grain le plus fragile.

Installation non équipée d'un thermostat

Le processus est identique à celui prévalant pour le premier palier. Il faut s'assurer des températures nocturnes auprès du centre météorologique le plus proche. Sans thermostat, il y a le risque que pendant quelques heures le ventilateur pulse de l'air plus chaud et réchauffe le bas du tas. Toute l'opération de refroidissement est à recommencer entièrement.

Le troisième palier

A la fin du deuxième palier, la température du grain est comprise entre 10 et 12°C. Les conditions sont remplies pour que la qualité du grain soit préservée (frein au développement des insectes et des moisissures). Mais, si l'on désire conserver le grain jusqu'à l'été suivant, sa température va remonter lentement dès les premiers beaux jours avec les risques d'insectes qui lui sont attachés. Le refroidissement doit donc être poursuivi durant l'hiver pour descendre la température vers 5°C ou moins. Dans ces conditions, l'effet insecticide du refroidissement à l'air ambiant pourra prendre tout son sens car les insectes sont tués seulement s'ils sont soumis à ces températures durant 3 mois.

Installation équipée d'un thermostat

A la suite du second palier, régler le thermostat sur 5°C Le refroidissement complet et définitif sera réalisé entre l'automne et l'hiver. Ensuite, il n'y a plus lieu de ventiler puisque l'air va avoir tendance à devenir plus chaud que le grain.

Installation non équipée d'un thermostat

Comme précédemment, la ventilation doit être gérée à partir de la connaissance de la température du grain ainsi que de la température nocturne. La ventilation doit être arrêtée lorsque le grain est complètement refroidi.

[Un refroidissement complet par paliers](#)

[Table des matières](#) - [◀ Précédente](#) - [Suivante ▶](#)

[Table des matières](#) - [◀ Précédente](#) - [Suivante ▶](#)

[Home](#)"" """"> (From globally distributed organizations, to supercomputers, to a small home server, if it's Linux, we know it).[ar](#).[cn](#).[de](#).[en](#).[es](#).[fr](#).[id](#).[it](#).[ph](#).[po](#).[ru](#).[sw](#)

Des cases à fond plat aux cellules de grande hauteur: Le matériel doit être parfaitement adapté

Si le rôle du refroidissement décrit précédemment s'applique à tous les grains et à tous les types de silos, il n'en est pas de même de sa mise en œuvre. En effet, l'air de ventilation traverse plus difficilement du colza que des pois et, plus facilement du blé stocké à plat que sous grande hauteur. On distingue ainsi trois types de stockage:

- Le stockage en cellules métalliques ou béton dont la hauteur utile ne dépasse pas 15 ou 20 mètres.**
- Le stockage en cellules de grande hauteur, celles-ci pouvant atteindre 40 à 50 mètres de haut.**
- Le stockage à plat dans des cases dont la hauteur utile est inférieure aux autres dimensions (longueur ou largeur).**

Bien conçue, une installation complète de stockage avec ventilation doit pouvoir fournir un débit spécifique compris entre 5 et 20 m³ d'air par ml de

grain. Cette différence est due aux diverses conceptions de cellules. Le grain offre en effet une résistance à l'air d'autant plus forte que la hauteur de stockage est importante, ce qui exige, pour un même débit, une augmentation de la puissance absorbée! Cette puissance est proportionnelle à la fois à la pression et au débit. Pour la maintenir à un niveau acceptable (au maximum 150 kW), la seule solution consiste à limiter le débit!

Les cellules classiques

Les cellules classiques

De par leurs dimensions "moyennes" (c'est-à-dire une hauteur de stockage située entre 15 et 20 mètres), la plupart de ces cellules sont compatibles avec une installation de ventilation délivrant un débit d'air voisin de $15 \text{ m}^3/\text{h}$ par ml de grain. Mais attention, plus la durée de ventilation envisagée sera courte, plus le débit d'air sera important, entraînant des pressions élevées et un fort réchauffage de l'air.

L'air de ventilation passe plus facilement près des parois que dans l'axe

central de la cellule. Dans cette zone, le grain est en effet plus tassé, plus chargé en poussière fine et la hauteur y est plus importante du fait du "talus naturel". Pour remédier à ce défaut, il faut éliminer la colonne centrale de grain en effectuant un transilage. Le grain peut être remis dans la cellule ou mieux, introduit dans une autre. Si cette solution n'est pas envisageable, il faut adapter des éparpilleurs aux tuyaux de descente afin d'atténuer quelque peu ce défaut.

Les cellules de grande hauteur

[Les cellules de grande hauteur](#)

La particularité des cellules réside dans le fait que la pression nécessaire est très élevée. Cela implique une puissance importante et entraîne un réchauffage de l'air ventilé qui, dans les cas extrêmes, dépasse 10°C Dans ces conditions, un refroidissement du grain à l'air ambiant est quasiment impossible avant le mois de septembre (voire octobre)!

Des solutions existent. L'une consiste à refroidir l'air artificiellement. Si son

efficacité ne fait pas de doute au niveau technique, en revanche, elle présente le défaut d'augmenter considérablement le coût d'investissement en matériel et de multiplier par 2 ou 3 le coût de fonctionnement. Une autre consiste à aspirer l'air de refroidissement. Le ventilateur étant toujours situé au niveau du sol, l'air entre par le haut de la cellule et ressort du grain par les gaines de ventilation. Cette solution présente l'avantage de ne nécessiter aucun investissement spécial ni d'augmenter le coût de fonctionnement. Il suffit d'installer le ventilateur de telle sorte que son ode d'aspiration soit reliée aux gaines de ventilation et que l'air puisse être refoulé librement à l'extérieur. Un respect strict des grands principes aéroliques est indispensable.

Parmi les précautions à prendre, citons:

- ne mettre le ventilateur en marche que lorsque la cellule est complètement remplie,**
- ce montage est à éviter lorsque les gaines sont situées en dessous du niveau du sol avec risque d'entrée d'eau souterraine,**
- prévenir de ce choix le constructeur des gaines extérieures, celles-ci devant être renforcées pour supporter la dépression,**

- **le ventilateur ne peut être placé au-dessus de la cellule que si le toit a été fortement renforcé.**

Les cases à fond plat

Les cases à fond plat

Ces cases peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres de longueur et plusieurs dizaines de mètres de largeur. Le dessus du tas constitue généralement un talus naturel dont la hauteur varie de quelques mètres en rive jusqu'à une quinzaine de mètres au sommet.

- **L'espacement entre les caniveaux, ou entre les gaines, est lié dans un premier temps à la hauteur du tas de grain: plus celle-ci est faible, plus les caniveaux devraient être rapprochés. Ainsi, pour une hauteur de grain de 6 m, l'espacement devrait être inférieur à 3 m.**
- **Il existe une deuxième contrainte concernant la largeur de la couverture des caniveaux qui doit être suffisante pour laisser passer l'air à faible vitesse, donc large tout en étant capable de résister au matériel de**

reprise, ce qui pourra amener à rapprocher les caniveaux.

- **En raison de la faible hauteur de grain, la résistance à l'air est faible et le ventilateur peut fournir un débit important. Le débit spécifique peut facilement atteindre voire dépasser $20 \text{ m}^3/\text{h}$ d'air par m, de grain.**
- **Dans les cases à fond plat, la hauteur du tas peut dépasser de 3 à 4 m en rive à une quinzaine de mètres au milieu qui, ici aussi, est très tassé et chargé en poussière fine. Dans ces conditions, l'air de ventilation circule préférentiellement dans les zones les moins hautes.**

Il existe quelques solutions tendant à limiter ces défauts à étudier avec des spécialistes.

Garanties des performances

Avant d'acquérir une installation de ventilation, il importe que le fournisseur indique dans son offre les caractéristiques des équipements qu'il propose. Les principaux éléments qu'il faut exiger sont:

- **le volume d'air pulsé à l'heure par m, de grains,**

- **le débit du ventilateur,**
- **la pression prévue pour traverser le grain,**
- **la pression supplémentaire que devra fournir le ventilateur pour que l'air circule dans le réseau de gaines,**
- **les dimensions des gaines ou caniveaux et leur écartement.**

Il faut s'assurer que le moteur entraînant la turbine a suffisamment de puissance pour véhiculer de l'air à basse température (0°C) et lorsque la cellule n'est que partiellement chargée. En cas d'incident conduisant à un litige, seules ces indications permettent de cerner les responsabilités entre parties.

[Table des matières](#) - [◀ Précédente](#) - [Suivante ▶](#)

[Table des matières](#) - [◀ Précédente](#) - [Suivante ▶](#)

[Home](#) > (From globally distributed organizations, to supercomputers, to a small home server, if it's Linux, we know

Installation de ventilation: A bien raisonner pour un coût limité

Petit investissement en gaines = gros investissement ventilateur + forte dépense énergétique

Comparaison technique des gaines

Il a été constaté que sur certaines installations, la pression délivrée par le ventilateur était nettement plus élevée que celle nécessaire pour traverser le grain. Cela se traduit par une diminution du débit d'air pulsé et une augmentation de la durée de ventilation donc du coût de celle-ci.

La période de refroidissement étant augmentée, le grain situé dans les zones supérieures reste chaud plus longtemps, ce qui augmente les risques de dégradation.

Une analyse plus fine montre que c'est le modèle et l'écartement des gaines utilisées qui sont responsables de cette augmentation de pression.

Il est possible de classer les gaines en quatre grands groupes:

Dans le groupe 1 se trouvent les gaines ayant une surface de diffusion importante répartie sur toute la périphérie et dont le coefficient de passage est supérieur à 12 %. Font partie de ce groupe les gaines demi-lune ou cylindriques en tôle perforée.

Avec un taux de diffusion important, ce type de gaine ne provoque que des faibles pertes de charge.

Le groupe 2 correspond aux gaines dont la zone de diffusion dis" dans la partie basse sur les côtés, est constituée de petites perforations qui donnent encore un coefficient de passage supérieur à 12 %. Il y a donc autour de la partie perforée de la gaine, une zone dans laquelle les filets d'air non seulement se contrarient mais doivent circuler à des vitesses importantes, ce qui explique une perte de charge plus élevée.

Dans le groupe 3, on trouve des gaines ayant une double paroi. L'air sortant vers le grain entre ces deux parois doit traverser une épaisseur non négligeable de grain, et ce à des vitesses importantes. En conséquence, la perte de charge devient très élevée dès que le débit diffusé augmente.

Le groupe 4 concerne les tuyaux en plastique dur type "drain agricole" dont le taux de perforation est très faible, de l'ordre de 1 %.

A débit d'air identique, la perte de charge engendrée par la surface annelée de la paroi intérieure et celle due à la diffusion est excessivement plus importante que celles occasionnée par les équipements précédents.

Si le refroidissement par ventilation a un coût directement mesurable, son absence se traduit par une baisse de qualité et une perte de poids difficilement chiffrable. Le coût de la ventilation a deux origines:

- **l'investissement en matériel,**
- **les frais de fonctionnement.**

La question que l'on peut légitimement se poser est: n'y a-t-il pas intérêt à réduire les frais d'investissement en mettant en place des gaines plus petites, moins chères, et plus écartées pour en diminuer le nombre ? La bonne réponse n'est pas forcément celle qui vient spontanément à l'esprit!

Installation de ventilation

La comparaison technique des lames de caniveaux

De même que les gaines, les lames de caniveaux peuvent être classées en trois groupes:

Le groupe A correspond aux lames à trous ronds dont le taux de perforation est supérieur à 18 %. Cette conception permet de limiter les pertes de charge.

Le groupe B comprend des plaques de ventilation à perforations longues dont les pertes de charge sont un peu plus élevées que celles du groupe A.

Le groupe C concerne les lames perforées de trous longs dont l'orifice est

dirigé suivant un angle assez faible par rapport au sol. La présence de cette chicane entraîne une forte augmentation de la perte de charge. Ces lames peuvent supporter une charge roulante correspondant à un tracteur et la remorque.

Les retombées économiques ou comment maîtriser la facture d'électricité

Le niveau de consommation électrique dépend à la fois du choix du matériel de ventilation et de la façon de l'utiliser.

En particulier, l'expérience montre qu'une économie sur l'investissement en gaines a une répercussion à la hausse sur la facture d'électricité ainsi que sur l'investissement relatif au ventilateur. Cette constatation est plus sensible sur les cases à fond plat qu'avec les cellules.

Imaginons une case de 11000 tonnes (de blé) soit 13500 ml, avec une seule rotation annuelle et un ventilateur adapté pour ventiler la case par dm successifs. La tendance qui consiste à limiter le nombre de gaines entraîne un sous dimensionnement de l'installation avec les conséquences suivantes:

- **une plus grande vitesse de l'air et des pertes de charge plus importantes. L'investissement gaines est ainsi ramené de 33000 à 24000 F pour le groupe 1 et de 55000 à 47000 F pour le groupe 3 (tableau);**
- **par contre, pour travailler à débit identique, avec des petites gaines, le ventilateur doit fonctionner sous une plus forte pression: il doit donc être d'un modèle plus puissant et plus cher (tableau).**

En définitive, l'investissement total (gaine + ventilateur) passe de 56000 à 64000 F pour le groupe 1, et de 79000 à 91000 F pour le groupe 3. Si l'on tient compte du coût de fonctionnement du ventilateur sur 10 ans, l'écart se creuse encore au détriment des gaines plus petites. Dans l'exemple ci-dessus, un gain de quelques milliers de francs sur l'investissement en gaines a pour conséquence de doubler les frais de ventilation ramenés à la tonne.

L'écart serait encore plus significatif avec des tuyaux de drainage.

**Pertes de charges comparées entre divers modèles de gaines et caniveaux
*(d'après "La maîtrise du stockage", Paris-Toulouse, 22-24 mars, 1994)***

Jusqu'à un débit d'air de 500 m³/h par mètre de gaine (valeur souvent généralement rencontrée dans les silos), on peut déterminer trois niveaux de pertes de charge:

- **le plus faible correspond aux gaines des groupes I et II ainsi qu'aux caniveaux A et B: les pertes de charge en diffusion ne dépassent pas 30 Pa;**
- **le niveau moyen correspond aux groupes III et °C avec des pertes de charge pouvant atteindre 100 Pa;**
- **le niveau supérieur donne la valeur des pertes de charge engendrées par les tuyaux de drainage: elles sont sans commune mesure avec les modèles précédents.**

Comparaison des coûts de ventilation en fonction des dimension des gaines

Modèle de gaine.	I	III
Passage de l'air (perforations)	important	limité

Installations optimisée	sous dimensionnée	optimisée	sous dimensionnée	optimisée
Investissement gaires (F)	24000	33000	47000	55000
Ventilateur (F)	40000	23000	44000	24000
Total investissement (F)	64000	56000	91000	79000
Fonctionnement sur 10 ans	268000	95000	344000	140000
Coût unitaire (F/T)	3,0	1,4	4,0	2,0

Une autre façon d'optimiser la facture d'électricité consiste à raisonner les périodes et la durée de fonctionnement du ventilateur.

- **les périodes: sous réserve d'avoir des températures favorables, il convient d'utiliser les ventilateurs quelle que soit l'heure l'été, pendant**

les heures creuses l'hiver et de proscrire les heures de pointe.

- **la durée: avec une installation homogène comprenant un ventilateur bien adapté, un Plier de refroidissement dure entre 50 et 100 heures. Lorsque le haut du tas de grain est refroidi, il faut absolument arrêter le ventilateur.**

Il ne faut jamais laisser tourner un ventilateur sur un groin refroidi

[Table des matières](#) - [◀Précédente](#) - [Suivante▶](#)

[Table des matières](#) - [◀Précédente](#) - [Suivante▶](#)

[Home](#)"" """"> (From globally distributed organizations, to supercomputers, to a small home server, if it's Linux, we know
[it\).ar.cn.de.en.es.fr.id.it.ph.po.ru.sw](#)

Stockage à la ferme: La qualité est aussi l'objectif n

°1

Une part non négligeable des récoltes est stockée à la ferme avant d'être transférée vers les centres de collecte des organismes stockeurs. Ce transfert s'effectue assez souvent après 6 mois de stockage, parfois plus tard, jusqu'en juin de l'année suivante.

Les types de stockage sont limités aux cases à fond plat et aux cellules métalliques rondes ou à parois rectilignes.

Plus que l'organisme stockeur, l'agriculteur est à la fois le concepteur et le réalisateur de son installation, surtout s'il opte pour des cases à fond plat équipées de caniveaux.

Les conseils pratiques relatifs à l'utilisation de l'installation équipée de ventilation peuvent se résumer en neuf points:

- **vérifier le sens de rotation du ventilateur**
- **éviter les gaines trop petites**

- **nettoyer et garder libre l'ouïe d'aspiration**
- **tenir propres les gaines de ventilation**
- **installer un éclateur de grain**
- **laisser des ouvertures suffisantes**
- **éviter les fuites**
- **raccorder convenablement le ventilateur**
- **limiter le bruit du ventilateur**

1. Vérifier le sens de rotation du ventilateur

Un ventilateur

S'il est mal (re)branché, un ventilateur entraîné par un moteur triphasé peut tourner à l'envers. Dans ces conditions, l'air se déplace toujours dans la direction souhaitée mais le débit est réduit de deux tiers. Pour vérifier le sens de rotation d'un ventilateur, le mettre en route quelques instants et observer le mouvement de la roue lorsque celle-ci ralentit. Le sens de rotation doit être conforme à la photo ci-contre.

2. Eviter les gaines trop petites et en nombre insuffisant

Un montage de petites gaines contribue à freiner l'air et à le réchauffer, en particulier dans des installations de ventilation équipées de tuyaux de drainage. Un très faible investissement en gaines peut être à l'origine d'un plus gros investissement en ventilateur et/ou une consommation d'électricité plus importante.

De plus, un nombre insuffisant de gaines ou de caniveaux entraîne un mauvais refroidissement des zones de grain situées entre deux gaines, dans la partie basse du tas. Ainsi, pour des hauteurs de tas de 2 à 3 m, il ne faudrait pas écarter les gaines de plus de 1,5 à 2 m. Si cet écartement est incompatible avec le matériel de manutention (godet de 2,5 m par exemple), la seule solution efficace consiste à installer des caniveaux recouverts de lames perforées. Il est aussi possible en fin de refroidissement de ne ventiler qu'une gaine sur deux et ainsi de créer une ventilation horizontale et bas de tas.

3. Nettoyer et garder libre Poulie d'aspiration

- 1. préférer la grille de protection d'origine type "soleil" (le métal déployé freine l'air)**
- 2. ne pas entreposer de matériel devant une ouïe d'aspiration**
- 3. laisser un espace d'au moins 1,5 m entre celle-ci et une paroi**

4. Tenir propres les gaines de ventilation

Toute accumulation de poussière ou de déchets va avoir un double effet néfaste:

- s'il s'agit de débris végétaux, leur présence risque d'inciter les insectes à se développer dans ce secteur et à envahir le tas de grain;**
- quelle que soit la nature des objets, ils vont constituer un frein au passage de l'air.**

S'assurer que les gaines ne laissent pas passer le grain: une gaine bouchée est inefficace.

5. Installer un éclateur de grain

Au point de chute, le grain est plus tassé et plus chargé en poussière fine que dans le reste du tas. De plus, la hauteur de celui-ci y est généralement supérieure. Ces trois raisons ont pour conséquence de limiter le passage de l'air, voire de l'empêcher complètement. Le grain situé dans cette zone ne sera que peu ou pas refroidi, avec tous les risques de mauvaise conservation qui en découlent.

Il convient donc d'installer un éclateur au point de chute afin d'éparpiller le grain et si possible, réaliser un transilage de la zone critique.

6. Laisser des ouvertures suffisantes afin d'éviter le recyclage d'air

Lorsque le ventilateur est positionné à l'intérieur d'un bâtiment, l'air ayant traversé le tas de grain peut être aspiré par le ventilateur. Or cet air ayant été chauffé au cours de son passage dans le grain est sensiblement à la même température que celui-ci.

Il faut donc impérativement prendre des dispositions pour que le ventilateur n'aspire que de l'air extérieur. Les ouvertures doivent être suffisamment

dimensionnées pour ne pas freiner l'air de ventilation. Pour cela, elles doivent avoir une surface de passage égale à au moins 1,5 fois celle de la bouche d'aspiration du ventilateur.

7. Eviter les fuites d'air

Tout l'air qui sort du circuit avant d'avoir traversé complètement le tas de grain a été mis en mouvement pour rien, ce qui constitue une surconsommation d'électricité. En particulier, il faut veiller à la bonne étanchéité entre le ventilateur et les gaines ainsi qu'entre la base de la cellule et le sol.

8. Raccorder convenablement le ventilateur

A la sortie du ventilateur, il faut prohiber les sections trop petites ainsi que les coudes et tous les changements de direction trop brusques. Ces montages ont pour conséquence de freiner l'air et de le réchauffer. Ainsi un ventilateur ne doit-il jamais être raccordé à une bifurcation à angle droit.

9. Limiter le bruit du ventilateur

Pour la nuit, il est possible de limiter le bruit en disposant un écran constitué de ballots de paille si le ventilateur est mobile; s'il est fixe, construit en parpaings creux mis à plat, trous face au ventilateur. L'écran ainsi constitué est placé à une distance égale à 2 fois le diamètre de l'ouïe du ventilateur.

[Stockage à la ferme](#)

[Table des matières](#) - [◀ Précédente](#) - [Suivante ▶](#)

[Table des matières](#) - [◀ Précédente](#)

[Home](#)"" """"> (From globally distributed organizations, to supercomputers, to a small home server, if it's Linux, we know it).[ar](#).[cn](#).[de](#).[en](#).[es](#).[fr](#).[id](#).[it](#).[ph](#).[po](#).[ru](#).[sw](#)

Témoignages: Ce qu'en pensent les responsables de silos!

Monsieur P. PEUGNIEZ (U.C.A.R.N.F., Silo d'Arleux - 59)

[Monsieur P. PEUGNIEZ](#)

ITCF: Quel est l'élément le plus important à prendre en compte pour obtenir une bonne conservation des grains ?

P.P: Je dirais que l'installation et la conduite de la ventilation sont les éléments les plus importants dans nos silos. Nous n'avons pas hésité à faire appel aux spécialistes de la FFCAT et de l'ITCF qui nous ont aidés dans notre tâche, par des cours de formation pour nos magasiniers et par une assistance technique.

Nous avons alors réussi à ventiler à la fois deux cellules de 40 m de hauteur environ, mais la condensation était telle en haut que nous avons retourné les

ventilateurs pour créer "l'aspiration". De ce fait, il n'y a aucun réchauffage de l'air aspiré, cela fait gagner 8 à 10 degrés, qui permettent de refroidir plus facilement et plus tôt en saison.

Les économies d'énergie sont très importantes et doivent être réalisées systématiquement avec des horloges et des thermostats. il est nécessaire également de ventiler avant fin octobre pour bénéficier des prix moindres de la tarification été de l'EDF. Des compteurs horaires en parallèle avec les contacteurs des ventilateurs nous donnent les durées de fonctionnement qui sont à peu près semblables d'une année sur l'autre.

La thermométrie est essentielle, elle nous donne à tout moment le reflet du travail réalisé et de l'état de conservation du grain.

Mr J.L. FAVRE (Coopérative Agricole de la Charente - 17)

[Mr J.L. FAVRE](#)

ITCF: Quel est pour vous le premier objectif de la ventilation et comment la

gérez-vous ?

J.L.F: Son objectif essentiel est le refroidissement du grain en cellule pour en assurer la bonne conservation. Depuis 1981), la Coopérative Agricole de la Charente vise à conduire la ventilation d'une manière rationnelle et économique.

- **Progressivement les magasiniers ont été formés à la technique de ventilation des céréales.**
- **Les ventilateurs ont été équipés de thermostats et les gaines de ventilation ont été adaptées aux cellules de stockage. La possibilité de ventiler plusieurs cellules à la fois est maintenant généralisée, ce qui a généré un abaissement (IL) temps de ventilation et donc du coût de la ventilation. De plus, le débit d'air, étant adapté à la masse (le grains, il s'en suit une utilisation optimale du moteur ce qui évite toute surcharge et limite les dégâts (bobinage, roulements, flasques, rotors, ...)**

Auparavant les céréales étaient ventilées quand la température extérieure était basse, sans interruption jusqu'à ce que la température du grain soit

redescendue au niveau souhaité.

Le réchauffement du grain le jour, succédant au refroidissement la nuit, avait des effets néfastes sur la qualité du grain (moisissures).

La conduite rationnelle de la ventilation est donc un élément indispensable pour obtenir une bonne qualité des céréales: elle évite des pertes de céréales et limite l'emploi des insecticides chimiques. Elle contribue à l'amélioration de l'image de marque de l'entreprise.

[Table des matières](#) - [◀ Précédente](#)