

[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](#)

---



# Guide pratique

## La ventilation des grains

---

[Tables des matières](#)

---

### ITCF

Pendant le stockage, les grains perdent du poids et leur qualité peut être réduite (diminution de l'aptitude à la panification pour le blé, baisse de pouvoir germinatif pour l'orge de brasserie, moisissures, pullulation d'insectes).

Ceci est bien connu: lorsque le grain est humide il faut le sécher.

Dans une moindre mesure, il en est de même pour le grain sec (aux normes): même s'il ne présente pas d'altérations visibles, il perd du poids aux dépens de ses réserves de matière sèche.

**Le seul remède efficace pour limiter cette perte est la ventilation de refroidissement.** D'une mise en œuvre généralement simple et adaptable à toutes les situations, elle permet de mettre le grain dans des conditions de conservation telles que la plupart des incidents de stockage habituellement rencontrés sont considérablement réduits, sinon éliminés.

Certes, la ventilation engendre un coût visible: dépense en énergie, parfois dessiccation un peu trop forte (titre en eau inférieur à la norme), mais l'absence de ventilation coûte toujours et peut coûter très cher. il faut ventiler

---

## Tables des matières

---

### [Introduction](#)

### [Comment conduire la ventilation de refroidissement](#)

[Il faut ventiler](#)

[Quand ventiler?](#)

[Quand arrêter la ventilation?](#)

[La surveillance de la température](#)

[Le contrôle de la teneur en eau](#)

## [Comment construire une installation de ventilation](#)

[Principes de base d'une installation](#)

[Choix du ventilateur](#)

[Les gaines de ventilation](#)

[Les gaines: forme, section minimale](#)

[Répartition dans la cellule](#)

## [Quelques précautions à prendre pour mieux ventiler](#)

[Le recyclage de l'air de ventilation](#)

[Positionnement du ventilateur](#)

[La grille de protection des ventilateurs](#)

[Entretien](#)

[L'aménagement du haut du tas](#)

## Quelques nuisances

Le bruit

La poussière

## Annexe

Annexe 1

Annexe 2

Annexe 3

Annexe 4

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](#)

---

## **Introduction**

Figure: le stockage des grains

## Le grain respire

En consommant l'oxygène de l'air, il rejette:

- de la chaleur
- du gaz carbonique
- de l'eau

C'est l'amidon des réserves qui, en présence d'oxygène, se transforme en eau et en gaz carbonique.

Cette réaction chimique dégage beaucoup de chaleur.

*Remarque: en l'absence d'oxygène, la respiration peut être remplacée par la FERMENTATION des grains...*

## Plus il est chaud, plus le grain respire

Inversement, plus il est froid, moins il respire.

Quand la température du grain augmente de 5°C, l'intensité respiratoire est multipliée par 2!

*... et plus le grain respire, plus il y a dégagement de chaleur, donc la température augmente et l'intensité respiratoire se multiplie encore: il y a **AUTOACCÉLÉRATION** du phénomène.*

### **Plus il est humide, plus le grain respire**

Inversement, plus il est sec, moins il respire.

Du grain à 30% d'humidité a une intensité respiratoire 400 fois plus importante que du grain à 15% d'humidité.

### **Mais plus il respire, plus il s'épuise!**

- PERTE DE POIDS OU FREINTES

par diminution des réserves, donc de matière sèche.

- PERTE DE QUALITÉ

- brunissement des grains
- baisse du pouvoir germinatif
- détérioration de la valeur alimentaire

- acidification des matières grasses

et indirectement, développement de moisissures et d'insectes ravageurs.

Un blé à 30°C et à 22% d'humidité pendant une semaine perd 1,4% de son poids!

Un maïs en attente de séchage perd 2 à 3% de son poids par jour si la température du grain monte à 50°C!

### [Diagramme de conservation des céréales en fonction de la température °C et de l'humidité %](#)

Ce diagramme indique la nature des risques encourus en fonction de l'humidité du grain et de la température à laquelle il est stocké.

[En superposant ces trois courbes on trouve quatre secteurs dangereux](#)

---

[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](#)

---

## Comment conduire la ventilation de refroidissement

---

[Il faut ventiler](#)

[Quand ventiler?](#)

[Quand arrêter la ventilation?](#)

[La surveillance de la température](#)

[Le contrôle de la teneur en eau](#)

---

### Il faut ventiler

Le grain stocké perd du poids parce qu'il respire: une partie de ses réserves est transformée en chaleur, en gaz carbonique et en eau.



Il respire d'autant plus qu'il est plus chaud: deux fois plus vite chaque fois que sa température augmente de 5 °C. Ainsi à 30 °C, le grain respire 8 fois plus vite qu'à 15 °C.

De plus, la chaleur dégagée par la respiration échauffe le grain, qui va respirer encore plus vite, s'échauffer encore plus, et ainsi de suite.

L'expérience montre qu'il faut maintenir le grain au dessous de 15 °C pour une bonne conservation.

A la moisson, le grain est presque toujours trop chaud (25 à 35 °C suivant les conditions de récolte).

Comme la masse du grain conduit mal la chaleur, un tas de grain ne peut se refroidir tout seul lorsque la température extérieure baisse, donc:

### **pour refroidir il faut ventiler**

En cas de stockage de longue durée, au printemps la température de la masse du grain s'élève lentement. Pour éviter qu'elle dépasse 15 °C, le meilleur moyen consiste à abaisser la température du lot de grain pendant l'hiver:

- entre 10 et 12 °C pour un stockage inférieur à 8 mois,

- entre 5 et 10 °C pour une conservation d'un an.

### ***Question pratique***

#### **L'orge de brasserie demande-t-elle des précautions de stockage particulières ?**

- L'orge de brasserie est plus délicate à conserver que le blé parce qu'il faut lui conserver son pouvoir germinatif.
- Pour cette raison, l'orge de brasserie doit être traitée comme des semences. C'est elle qui sera ventilée en priorité sur les autres céréales si toute l'installation de stockage n'est pas ventilable simultanément: même avec une humidité de 15 %, de l'orge de brasserie très chaude (au-dessus de 30°) n'est pas conservable plus d'une ou 2 semaines; alors que ramenée aux environs de 10°, elle peut être conservée jusqu'au printemps (6 mois ou 1 an).

#### **UN POUVOIR GERMINATIF SUPERIEUR A 95 % EST L'EXIGENCE FONDAMENTALE DES MALTEURS**

**Document EDF-Février 82  
extrait de la brochure "Bien connaître le tarif vert"**

---

## Des prix de kWh différents suivant les saisons et les moments de la journée

Deux saisons:

- hiver: d'octobre à mars
- été : d'avril à septembre

Chaque jour<sup>(1)</sup>

- des « heures pleines » de 6 h à 22 h
- des « heures creuses » de 22 h à 6 h

En plus, pendant les mois de novembre, décembre, janvier et février, il existe une période tarifaire supplémentaire dite « période de pointe »:

- tous les jours (sauf le dimanche) pendant deux heures le matin et deux heures le soir<sup>(2)</sup>

Au total, **cinq périodes tarifaires**:

### [Cinq périodes tarifaires](#)

## Notes:

(1) - Par exception, le dimanche ne comprend que des heures creuses

(2) - Pour tenir compte des particularités régionales, les 2 périodes de deux heures de pointe peuvent différer d'un Centre de Distribution à un autre. Situées dans tous les cas à l'intérieure des plages 8 h - 12 h et 17 h - 21 h, elles sont souvent de 9 h à 11 h le matin et de 18 h à 20 h le soir.

---

## Quand ventiler?

Pour refroidir, il faut faire circuler dans toute la masse stockée, de l'air **plus froid que le grain**.

On ventilera de préférence la nuit:

- l'air est plus froid que dans la journée;
- le prix de l'électricité est plus bas (voir ci contre).

Mais il n'est pas possible de ramener en une seule fois du grain de 30 ou 35 °C à 10 car en été la différence de température entre grain et air n'est jamais aussi importante 11  
procéder par étapes ou **doses de ventilation**:

- dès la récolte, une première dose de ventilation abaisse la température du grain autant que le permet la température de l'air, (par exemple entre 20 et 25 °C).
- dès que la température de l'air commence à baisser, à l'automne et en début d'hiver, des doses de maintien (ou de conservation) successives permettent d'abaisser progressivement la température du grain.

### **ATTENTION:**

**si la différence de température entre air et grain est trop forte, il se produira des condensations d'eau sur les parois de la cellule, provoquant des zones plus humides et des moisissures. Aussi, il ne faut ventiler en automne et hiver que lorsque l'écart de température entre air et grain ne dépasse pas 5 à 7 °C.**

Par exemple, une ventilation de maintien fin septembre amènera le grain vers 15 °C; une autre courant novembre vers 10 °C. Si la conservation doit durer au-delà de mars-avril, une dernière ventilation dès les premières gelées permettra de descendre vers 5 °C. Ensuite, il ne faut plus ventiler.

**Question pratique**

**Le grain va-t-il se réhumidifier si on ventile par temps de pluie ou de brouillard ?**

La réponse est **NON**.

Une ventilation de refroidissement effectuée par temps humide ne réhumidifie pas le grain à partir du moment où l'air de ventilation est plus froid que le grain.

**REFROIDISSEMENT = PERTE D'EAU**

Ceci a été maintes fois vérifié par des expériences réalisées par l'I.T.C.F.

Le résultat est-il le même avec de l'air sec ou de l'air humide ?

L'humidité de l'air a une influence sur la ventilation des grains, mais seulement au niveau de l'ampleur du refroidissement.

Air (80 à 100 (ρ) faible perte d'eau, refroidissement moyen;  
humide..... %)

air (50 à 80 (ρ) perte d'eau importante, refroidissement plus important

sec..... %)

de quelques degrés.

**Lors du refroidissement de deux lots de grain effectué en plusieurs étapes (par exemple de 30 ° à 10 °C) l'un avec de l'air diurne généralement sec, l'autre avec de l'air nocturne plus froid et plus humide, la deuxième solution présente l'avantage de provoquer une perte d'eau totale inférieure de 0,5 à 1 point à celle découlant d'une ventilation avec de l'air sec.**

**IL EST DONC PARFAITEMENT POSSIBLE DE NE VENTILER QUE LA NUIT,  
D'ARRETER LE VENTILATEUR DANS LA JOURNEE ET DE LE REMETTRE EN  
MARCHE LA NUIT SUIVANTE.**

**En annexe 2, un tableau indique le poids d'un quintal de céréales après perte d'eau, pour différentes teneurs en eau initiales.**

## **[Doc Privé](#)**

### **[Principe de la ventilation](#)**

**...Ventiler «un petit peu» ne signifie pas refroidir «un petit peu». C'est la zone de transition qui monte peu. Le grain situé au dessus reste chaud.**

## **Quand arrêter la ventilation?**

**Lorsque toute la masse du grain est refroidie.**

**En effet, au cours de la ventilation, la partie inférieure de la cellule (par où arrive l'air) est refroidie la première, complètement. Au dessus s'établit une zone de transition dans laquelle se fait le refroidissement qui monte très lentement. Le sommet du tas ne commence à refroidir que lorsque la zone de transition l'atteint; il n'est complètement refroidi que lorsque la zone de transition l'a complètement traversé.**

**On ne peut arrêter définitivement la ventilation que lorsque la température de la couche supérieure du grain devient voisine de la température de l'air (écart inférieur à 2 ou 3 °C).**

**Nous verrons plus loin qu'une dose de ventilation ne peut être appliquée qu'en plusieurs nuits. Interrompre la ventilation pendant la journée est sans conséquence nocive, tant que la durée totale d'une dose de ventilation ne dépasse pas la durée pendant laquelle la couche supérieure du grain peut se conserver sans grands dommages: quelques jours pour du grain aux normes de teneur en eau, même si sa**



**température est élevée.**

### ***Questions pratiques***

**Comment savoir si l'air traverse effectivement le grain ?**

**Même lorsque l'on n'est pas équipé en matériel de mesure très complexe, il est possible d'avoir une idée de la qualité de son installation à l'aide d'observations très simples:**

- **pour savoir si l'air traverse effectivement la cellule de grain, il suffit de monter en haut du tas et de placer à la surface du grain une feuille de papier fin:**
  - **si celle-ci bouge, l'air passe;**
  - **si celle-ci ne bouge pas, recommencer l'opération avec une trémie conique retournée;**
  - **si la feuille de papier ne bouge toujours pas, un problème doit exister dans la ventilation;**
  - **on doit sentir l'air sortant de la cellule, légèrement réchauffé un quart d'heure à une demi-heure après le début de la ventilation.**

- **de même pour savoir si une galerie de ventilation est étanche, observer les joints des portes d'accès:**
  - **si ceux-ci sont déchirés ou usés, il y a des fuites;**
  - **si l'on remarque sur le pourtour de la porte, des traces noires de poussière, il y a des fuites.**

**Est-il possible d'arrêter la ventilation en cours de refroidissement et de la reprendre un peu plus tard ?**

**Il est possible d'arrêter le ventilateur pendant quelques heures sans que le déroulement du refroidissement en soit affecté : la zone de transition séparant le grain encore chaud du grain refroidi s'immobilise et les températures restent stationnaires.**

**C'est ce qui permet d'effectuer des ventilations nocturnes pour lesquelles le ventilateur est arrêté le matin et remis en route le soir. Cette particularité permet aussi de faire face à une panne de l'installation ou d'attendre que la température ambiante soit redescendue.**

**L'automatisation partielle de la ventilation permet de simplifier ces manœuvres et**

**supprime aussi l'obligation de surveiller continuellement le grain pendant son refroidissement. Elle est possible en intercalant en sur le circuit d'alimentation du moteur électrique, les éléments suivants:**

- **une horloge à réserve de marche de 24 heures ou plus réglée en fonction des horaires choisis, ou mieux, un relais E.D.F.**
- **un thermostat par moteur réglé sur la température du grain diminuée de 5°C (si la cellule a une hauteur inférieure à 10 m) ou 7°C (pour les cellules plus hautes). Par exemple, si la température du grain est de 25°C, régler le thermostat sur 18°C: le ventilateur fonctionnera pour des températures de l'air inférieures à 18 °C, pendant les tranches horaires pré-réglées sur l'horloge.**
- **un compteur de temps par moteur, cet appareil qui n'est pas indispensable permet de connaître le temps de fonctionnement des ventilateurs pour chaque lot.**
- **un temporisateur destiné à différer le démarrage des moteurs si plusieurs d'entre eux sont alimentés par la même armoire de commande ( suite page suivante).**

### [Schéma de principe d'un système d'automatisation partielle](#)

**Le schéma électrique complet d'une telle installation est donné en annexe 1 pour les ventilateurs.**

[Thermostat doc. SOPAC](#)

[Horloge à réserve de marche doc. FLASH](#)

## UTILISATION CORRECTE DU MATERIEL

### DÉTECTER LES POINTS CHAUDS

#### *FAIRE PLUSIEURS MESURES EN DIFFÉRENTES ENDROITS*

- **La masse de grain est un mauvais conducteur: LE POINT CHAUD NE BOUGE PAS**
- **On ne mesure la température qu'au bout du thermomètre: PAS A DISTANCE**

#### *POUR TROUVER UN POINT CHAUD:*

- ...mesurer une première fois la température
- ...VENTILER un quart d'heure, une demi-heure selon le débit
- ...l'air traverse le point chaud et vient réchauffer le thermomètre
- ...NOTER LA DIFFÉRENCE de température si elle existe

## **NOTER LES VARIATIONS DE TEMPERATURE**

### ***FRÉQUENCE DES MESURES***

- **Avant et après une ventilation**
- **Toutes les semaines sur grain chaud et humide**
- **Tous les deux mois en hiver...**

**[Thermomètre à sonde portable doc. ITCF](#)**

**[Éléments de silothermométrie doc. SERDIA -1](#)**

**[Éléments de silothermométrie doc. SERDIA - 2](#)**

**[Éléments de silothermométrie doc. SERDIA - 3](#)**

## **La surveillance de la température**

***Ce temporisateur doit être impérativement de la marque du disjoncteur auquel il sera couplé.***

***Cet ensemble d'automatisation nécessite malgré tout la surveillance de la température du grain stocké au moins avant son refroidissement afin de pouvoir régler le thermostat. Le temps de ventilation sera évalué à raide des notions ci-dessous.***

**Dés le chargement de la cellule, il est indispensable de surveiller la température de l'air et du grain (à l'aide d'un appareillage approprié ):**

- **pour l'air, un thermomètre à mercure ou à cadran peut suffire. Il sera placé contre l'ouïe d'aspiration du ventilateur;**
- **pour le grain, différentes solutions sont possibles, suivant l'importance de l'installation de stockage et le budget consacré à la ventilation:**

- **thermomètre à sonde, portable, de 4 m maximum, à dilatation, à mercure ou électrique.**

**Il sera placé en haut de la cellule, au moins à 30 cm de profondeur et à 1 m minimum de la paroi. Cette solution peu onéreuse et polyvalente présente l'inconvénient majeur d'être contraignante et oblige à monter au sommet de chaque cellule chaque fois que l'on veut faire une mesure.**

**Toutefois, ce matériel permet une automatisation partielle de**

**l'installation pouvant être montée aisément par l'utilisateur lui-même (voir annexe 1).**

- **Silothermométrie complète avec mesure simultanée de la température sur plusieurs points de chaque cellule. Les appareils de lecture et de commande sont regroupés sur un tableau de commande (synoptique) avec un pupitre central, et peuvent être accompagnés d'un système d'automatisation. Ce matériel est du ressort du constructeur.**

### *Question pratique*

**Le ventilateur a-t-il une influence sur l'air de ventilation ?**

**Au cours de son passage dans le ventilateur, l'air est comprimé légèrement afin de pouvoir traverser toute la couche de grain. Cette pression est exprimée en mm de colonne d'eau (mm C.E.) ou en Pascals.**

**Cette compression de l'air, comme dans une pompe à vélo, a pour conséquence de le réchauffer: plus la pression est élevée plus l'air est réchauffé.**

**L'expérience montre que l'air se réchauffe de 1 °C pour une pression de 85 mm C.E. Ceci veut dire que pour les cas courants, le réchauffage de l'air ne dépasse pas 3 à 4 °C,**

**mais que dans les cellules de grande hauteur (30 à 40 m) la ventilation de refroidissement est une affaire délicate car, la pression pouvant atteindre 800 mm C.E., l'air peut être réchauffé de 8 et même 10 °C.**

**Il faut alors utiliser, soit des installations comprenant 2 ventilateurs l'un qui pousse l'air l'autre qui l'aspire de l'autre côté); soit d'autres principes de conservation.**

**Lorsque l'on envisage de faire fonctionner un ventilateur en aspiration, il faut s'assurer que la dépression est compatible avec la résistance de la cellule. A titre d'exemple, les plafonds de cellules rondes en béton ne résistent pas à des dépressions supérieures à 200 ou 300 mm C.E. (2.000 à 3.000 Pa).**

**[Doc. Phénix](#)**

## **Le contrôle de la teneur en eau**

### ***Questions pratiques***

**Jusqu'à quelle humidité peut-on stocker sans séchage ?**



**Aucune réponse précise ne peut être donnée si on ne connaît pas les caractéristiques de l'installation et en particulier le débit spécifique "n".**

**Les limites ci-dessous sont valables pour un débit spécifique compris entre 16 et 20 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup> au-dessous de 16 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup> les limites doivent être réduites d'un demi point à un point, au dessus de 20 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>, elles peuvent être augmentées d'un demi-point.**

**Si l'humidité du grain ne dépasse pas 16%**

**...les ventilations de refroidissement et de maintien nocturnes doivent suffire pour ramener l'humidité aux normes.**

**Si l'humidité du grain est comprise entre 16 et 17 %**

**...dès la récolte, il faut pratiquer une ventilation continue (jour et nuit) jusqu'à ce que l'humidité soit descendue à 16 %, ensuite, on effectue les ventilations de refroidissement et de maintien nocturnes.**

**Si l'humidité du grain est comprise entre 17 et 20 %**

**...dès la récolte, pratiquer une ventilation séchante avec réchauffage de l'air de quelques degrés (l'air doit être chaud et sec) à l'aide du gaz, du fuel ou de la paille. Dans ce cas, on a intérêt à ce que le débit spécifique soit important (si possible supérieur à 20 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>). Par la suite il sera nécessaire d'effectuer les ventilations de**

**refroidissement et de maintien nocturnes. Cette solution n'est valable que pour des hauteurs de grain inférieures à 3 m. Au-delà, il vaut mieux passer le grain au séchoir.**

**Si l'humidité du grain est supérieure à 20 %**

**...La seule solution efficace consiste à passer le grain au séchoir.**

**Peut-on réhumidifier le grain ?**

**Si un refroidissement équivaut à une perte de l'eau contenue dans le grain, l'inverse n'est pas toujours vrai.**

**Une réhumidification accidentelle ou voulue ne peut se faire que si l'air est très humide et plus chaud que le grain (si l'air est sec et plus chaud que le grain, il y a séchage - voir ci-dessus). Ce sont des conditions climatiques que l'on peut rencontrer au printemps lorsque la température ambiante commence à remonter.**

**Un tel procédé n'est pas utilisable dans la pratique en raison de la quantité d'énergie mise en œuvre, des risques de condensation et de moisissures et des faibles chances de remplir toutes les conditions favorables. A titre d'exemple, il faudrait ventiler pendant 135 heures avec un débit spécifique de  $20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$  pour remonter l'humidité d'un lot de 13,6 à 15,2, la température de ce lot étant de 7 °C.**

**L'expérience se solde par une consommation de 1.500 kWh pour 500 m<sup>3</sup> (400 qx) de grain!**

[Ensemble de cellules rectangulaires métalliques Doc. STOLZ](#)

[Ensemble de 3 cellules rondes métalliques Doc. PRIVE](#)

[Doc. LAW.](#)

---

[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](#)

---

## Comment construire une installation de ventilation

---

[Principes de base d'une installation](#)

[Choix du ventilateur](#)

[Les gaines de ventilation](#)

[Les gaines: forme, section minimale](#)

[Répartition dans la cellule](#)

---

## Principes de base d'une installation

Pour refroidir complètement un lot de grain, il faut une quantité d'air sensiblement constante, variant peu avec les températures du grain et de l'air:

**1000 m<sup>3</sup> d'air par m<sup>3</sup> de grain = dose spécifique.**

**La température atteinte en fin de refroidissement dépendra de la température de l'air.**

**Le refroidissement doit être terminé avant que la couche supérieure du tas n'ait souffert. Pour du grain aux normes, on peut supporter 2 à 3 semaines: si l'on ne ventile que la nuit, sur une durée de 10 heures par nuit, on dispose au maximum de**

**15 à 20 jours de 10 h soit 150 h à 200 heures par dose. En pratique, il sera prudent de faire plus vite pour garder une marge de sécurité; le principal élément caractérisant les qualités d'une installation est le débit spécifique, ou débit d'air pour 1 m<sup>3</sup> de grain ventilé, il est souvent fixé à 20 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup> de grain. Connaissant le volume de la cellule à ventiler, on en déduit le débit d'air nécessaire en m<sup>3</sup>/heure.**

**A partir de ces éléments,**

- **dose spécifique = 1000 m<sup>3</sup> d'air par m<sup>3</sup> de grain,**
- **débit spécifique variable en fonction de l'installation,**

**il est possible d'évaluer le temps nécessaire pour effectuer un refroidissement (dose de ventilation dès la récolte ou dose de maintien à l'automne)**

$$\text{temps de refroidissement en heures} = \frac{\text{dose spécifique (1000 m}^3\text{/m}^3\text{)}}{\text{débit spécifique}}$$

**Ainsi pour un débit spécifique n = 20, le temps de refroidissement est:**

$$\frac{1000}{20} = 50 \text{ heures}$$

**pour un débit spécifique  $n = 10$ , le temps de refroidissement est:**  $\frac{1000}{10} = 100$  heures

**pour un débit spécifique  $n = 5$ , le temps de refroidissement est:**  $\frac{1000}{5} = 200$  heures .

**Pour que l'air traverse toute la couche de grain, il faut vaincre les frottements en donnant à l'air une pression statique qui dépend de la nature du grain (grosueur) et de la hauteur de la cellule. Cette pression est exprimée en millimètres de colonne d'eau (mm C.E.) ou en Pascal (Pa).**

**Débit et pression statique sont les caractéristiques de base d'une installation et servent notamment à choisir un ventilateur bien adapté.**

**Si l'installation ne doit servir que pour un seul type de grain, on prendra un débit spécifique "n" de  $20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$ . (Cette valeur peut être diminuée de moitié dans les zones où l'on récolte du grain généralement sec).**

**Dans le cas fréquent où l'installation doit servir pour divers types de grains, elle sera généralement calculée pour le blé (sauf dans les régions du Sud-Ouest à dominante maïs).**

**POUR CHAQUE VITESSE DE ROTATION, TOUT VENTILATEUR A UNE COURBE DEBIT-PRESSION QUI LUI EST PROPRE.**

**- ATTENTION -**

- Une pression trop forte entraîne un gaspillage de puissance,
- Le ventilateur fournit une pression dite "pression totale"

qui se décompose en:

- *pression statique*:  
c'est elle qui permet à l'air de traverser le grain. Exemple: pression dans une chambre à air.
- *pression dynamique*:  
cette pression correspond à la vitesse de l'air à la sortie du ventilateur.

Chaque ventilateur est représenté par une courbe "débit-pression" correspondant à une vitesse de rotation: si le débit augmente, la pression diminue et vice versa, mais le point représentatif de la ventilation reste toujours sur la courbe.

Fonctionnement d'un ventilateur sur des cellules chargées d'une même hauteur de grains différents.

**Le ventilateur qui met l'air en mouvement est caractérisé par une courbe débit-pression: plus la pression demandée augmente, plus son débit diminue, et inversement**

**Aussi, avec du maïs qui demande une pression moindre que le blé, une même installation débitera plus; le débit spécifique sera plus grand. Ce sera l'inverse avec de l'orge, et plus encore du colza.**

**Pour une même installation, l'échelle des débits spécifiques peut se répartir de la façon suivante: (avec des variantes suivant le ventilateur utilisé):**

- maïs ..... 20 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>
- blé ..... 16 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>
- orge ..... 13 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>
- colza ..... 10 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>

**Ainsi dans le cas du colza, pour éviter d'utiliser des ventilateurs trop importants, il faudrait s'en tenir à un débit spécifique de 10; mais, il convient de surveiller attentivement la température de la partie haute de la cellule.**



## **Question pratique**

**Que se passe-t-il si le même ventilateur est utilisé dans une même cellule sur plusieurs céréales ?**

**On a vu qu'un ventilateur fournit un débit sous une certaine pression. Pour un régime de rotation fixé à l'avance, ces 2 grandeurs physiques sont liées entre elles par une courbe "débit-pression" sur laquelle il est possible de situer le point de fonctionnement. Le ventilateur fonctionnant toujours au même régime (quelle que soit la charge) le point correspondant se trouve toujours sur la même courbe.**

**On a vu également que la pression dépend de la nature du grain: plus le grain est gros, plus la pression diminue.**

**Si le ventilateur refroidit successivement des céréales différentes dans la même cellule, (remplie à la même hauteur) la pression et le débit vont varier de la façon suivante:**

<b>Maïs</b>	Débit plus important	<b>que le blé</b>
	Pression plus faible	

<b>Blé</b>	Débit plus important	<b>que l'orge</b>
	Pression plus faible	

**EXEMPLE: cellule de 240 m<sup>3</sup> (6m de hauteur et 7,12 m de diamètre). Le ventilateur "x" équipant cette cellule fournit les débits suivants (à 2950 tr/mn).**

- avec du maïs: pression = 26 mm C.E., débit = 5100 m<sup>3</sup>/h,
- avec du blé: pression = 60 mm C.E., débit = 4 600 m<sup>3</sup>/h,
- avec de l'orge: pression = 85 mm C.E., débit = 4 200 m<sup>3</sup>/h,
- avec du colza: pression = 125 mm C.E., débit = 3100 m<sup>3</sup>/h.

**Ces valeurs de débits et de pression ne sont valables que pour le ventilateur "x". Mais dans tous les cas, l'ordre décroissant des débits reste le même.**

**Comment ventiler du colza avec un ventilateur prévu pour le blé ?**

**Le colza est une denrée très fragile comme tous les oléagineux et de par la petite dimension de ses grains, très exigeante en pression et en puissance de ventilation. Son importance relative étant globalement faible vis-à-vis des céréales à paille ou du maïs, peu d'installations sont prévues spécialement pour le colza, en particulier pour**

**fonctionner avec des pressions et des débits spécifiques corrects.**

**Les solutions permettant d'améliorer les conditions de ventilation du colza sont en général des compromis (entre les données techniques et économiques) à choisir en fonction de chaque cas:**

- **limiter le volume ventilé par cellule**
  - **conserver le colza dans les cellules les moins hautes de l'installation (10 à 15 m}**
  - **si l'on ne dispose pas de cellules de cette hauteur, ne pas remplir complètement les grandes cellules de façon à ce que l'air puisse traverser le tas.**
  
- **limiter la pression de fonctionnement du ventilateur**
  - **ventiler simultanément deux ou plusieurs cellules tout en restant dans des valeurs de débit spécifique correctes.**

## **PRINCIPAUX TYPES**

### **[HELICOÏDE OU AXIAL](#)**

## **L'air est propulsé PARALLELEMENT Á l'axe de rotation**

**...en général, faible pression et grand débit. On les retrouve sur les installations de climatisation de l'air, et pour ventiler de grandes surfaces sur de faibles hauteurs (-10 m).**

### **CENTRIFUGE**

**L'air est propulsé PERPENDICULAIREMENT à l'axe de rotation**

**...forte pression et débit moyen. Ventilateur plutôt destiné aux cellules de grande hauteur et de faible diamètre. Ce sont eux que l'on retrouve généralement dans les installations d'organismes stockeurs.**

## **LES PRINCIPALES FORMES D'AUBES**

### **AUBES AILES D'AVION**

**Permettent d'atteindre des pressions importantes avec de hauts rendements... N'AIMENT PAS LA POUSSIÈRE**

### **AUBES A PROFIL PLAT**

**Convient à toutes les situations, mais leur rendement est légèrement inférieur au précédent.**

## **CALCUL COMPLET DE LA PRESSION STATIQUE**

**Après avoir:**

calculé la section de la cellule	25,0 m <sup>2</sup>
mesuré la hauteur du tas	8,6 m
calculé le volume de grain: 25 x 8,6	215 m <sup>3</sup>
déterminé le débit minimum: 215 x 20	4 300 m <sup>3</sup> /h
évalué le poids spécifique en place du grain	800 kg/m <sup>3</sup>

**1. Calculer la vitesse de l'air "V" dans la cellule en cm/s**

$$V = \frac{\text{Débit}}{\text{section} \times 36} = \frac{4.300}{25 \times 36} = 4,8 \text{ cm/s}$$

**2. Déterminer les coefficients K<sub>1</sub> et K<sub>2</sub> correspondant à la céréale ventilée. (tableau).**

**Blé à 800 kg/m<sup>2</sup>**

**K<sub>1</sub> = 2,802 et K<sub>2</sub> = 0,117**

**3. Calculer la perte de charge par mètre de hauteur  $\Delta p$  en mm CE.**

$$\Delta P = K_1 V + K_2 V^2 = 2,802 \times 4,8 + 0,117 \times 4,8^2 = 16,15$$

**4. Calculer la pression statique nécessaire à traverser le grain.**

$$P = \Delta P \times \text{hauteur du grain} = 16,15 \times 8,6 = 139 \text{ mm CE (1390 Pa)}$$

Grain	Poids spécifique en place (kg/m <sup>3</sup> )	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>
Maïs	750	0,6185	0,05372
	800	0,9530	0,07768
	850	1,4980	0,11500
Blé	750	1,933	0,0860
	800	2 802	0,1170

	850	4,082	0,1613
<b>Orge</b>	700	3,959	0,1571
	750	5,639	0,2089
<b>Colza</b>	600	3,471	0,0750
	650	5,580	0,1140
	700	9,210	0,1707
<b>Sorgho</b>	700	1,066	0,0258
	750	1,622	0,0367
	800	2,526	0,0536
<b>Tournesol</b>	450	1,968	0,1003
	500	3,459	0,1587
	550	6,249	0,2601

## Choix du ventilateur

**Pour simplifier, prenons un exemple.**

**Soit une cellule carrée de 5 m de côté et 8,6 m de haut.**

**Surface au sol:  $5 \times 5 = 25 \text{ m}^2$  Volume:  $25 \times 8,6 = 215 \text{ m}^3$ .**

**Prenons un débit spécifique de  $20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$ . Le débit minimum que devra fournir le ventilateur sera de:  $215 \text{ m}^3 \times 20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3 = 4\,300 \text{ m}^3/\text{h}$ .**

**La pression nécessaire pour que l'air traverse toute la masse ne dépend, pour un grain et un débit spécifique donnés, que de la hauteur du tas. Elle est généralement exprimée en millimètres de colonne d'eau (mm C.E.). On peut la déterminer à l'aide des courbes caractéristiques du ventilateur (à demander au constructeur). On peut aussi effectuer le calcul complet.**

**Pour une évaluation approchée, les abaques en annexe 3 donnent les pressions nécessaires dans quelques cas. Dans notre exemple, si nous avons du blé aux normes et un débit spécifique de 20, nous lisons 140 mm C.E.**

**C'est la pression statique: elle ne tient pas compte des frottements dans les gaines de ventilation. Mais nous verrons dans les pages suivantes que ces frottements peuvent être pratiquement négligés si l'installation est bien conçue.**



**Nous chercherons sur les catalogues des fournisseurs un ventilateur satisfaisant.**

**Il faut cependant y ajouter une pression dynamique (la force du vent), qui dépend essentiellement de la vitesse de l'air; dans une installation correcte, la vitesse de l'air peut être reliée au débit.**

**Pour déterminer la pression dynamique, la solution la plus sûre consiste à consulter les courbes caractéristiques du ventilateur. (courbes à demander au constructeur). En l'absence de courbes, on peut effectuer le calcul complet à l'aide des formules page suivante.**

**Dans notre exemple, pour 4 300 m<sup>3</sup>/ h. la pression dynamique est de l'ordre de 10 mm C.E.**

**Donc, notre ventilateur devra fournir au minimum:**

**• Débit de**

$$4\,300 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (ou } \frac{4300}{3600} = 1,20 \text{ m}^3/\text{seconde) .}$$

- **Pression totale: 140 + 10 = 150 mm C.E.**

**Puissance absorbée: elle est reliée au débit et à la pression par la formule:**

$$\text{Puissance (CV)} = \frac{\text{Débit m}^3/\text{s} \times \text{pression totale mm C.E.} \times 1,334}{\text{rendement \%}}$$

$$\text{Puissance (kW)} = \text{Puissance (CV)} \times 0,736$$

**Le rendement est généralement indiqué par le constructeur pour chaque condition d'utilisation. On peut cependant faire une première estimation en le prenant égal à 75 %.**

**Dans notre exemple, nous aurons:**

$$\frac{1,20 \times 150 \times 1,334}{75} = 3,17 \text{ CV (2,33 kW)}.$$

**Donc, un moteur de 4 CV (3 kW) pourrait convenir.**

**Calcul complet de la pression dynamique**

**après avoir:**

- **mesuré les dimensions de l'orifice de refoulement du ventilateur.**

**l et h en m**

- **calculé la section de passage de l'air.**

$$S = l \times h \text{ en m}^2$$

- **calculé le débit d'air en m<sup>3</sup>/s**

$$Q = \frac{Q \text{ en m}^3/\text{h}}{3600} \text{ en m}^3/\text{s}$$

- **calculé la vitesse de l'air à l'orifice de refoulement du ventilateur.**

$$V = \frac{Q}{S} \text{ en m/s}$$

- **calculer la valeur de la pression dynamique.**

$$pd = \frac{V^2}{16} \text{ en mm CE.}$$

### Choisir le ventilateur B

Si le fournisseur propose une gamme de ventilateurs ayant un régime de rotation unique, choisir le modèle immédiatement supérieure au point souhaité.

### Choisir le régime D de 2600 tr/min.

Si le fournisseurs propose des ventilateurs à plusieurs régimes de rotation, faire tourner le ventilateur choisi au régime supérieure immédiatement au dessus du point souhaité.

### Exemple schématique de 3 installations

#### Puissances normalisées des moteurs électriques

kW	ch	kW	ch
0,37	0,5	22	30
0,55	0,75	30	40

0 75	1	37	50
1,1	1,5	45	60
1,5	2	55	75
2,2	3	75	100
3	4	90	125
4	5,5	110	150
5,5	7,5	132	175
7 5	10	160	220
10	13,5	200	270
11	15	220	300
15	20	250	350
18,5	25	315	430

**Avertissement:**

***Un tel calcul, basé uniquement sur des évaluations, ne permet pas de connaître avec précision la puissance nécessaire et donc de choisir à coup***

***sûr le moteur. Il a seulement pour but d'évaluer, dans la liste des puissances normalisées quelle gamme de moteurs pourrait convenir. La décision finale revient au spécialiste.***

### ***Question pratique***

**Comment choisir la puissance du moteur d'entraînement du ventilateur ?**

**Une règle absolue:**

**Cette puissance doit toujours être supérieure à la puissance maximale qui sera demandée par le ventilateur.**

**L'écart entre ces deux puissances correspond à des normes qu'il convient de respecter:**

- **s'il est trop petit, la réserve de puissance du moteur est trop faible; celui-ci risque des dommages en cas de surcharge imprévue.**
- **s'il est trop grand, l'utilisateur est pénalisé par E.D.F. parce que la consommation apparente (puissance réactive) du moteur est alors exagérée.**

**L'élément qui indique la bonne ou mauvaise utilisation du circuit triphasé E.D.F. s'appelle le  $\cos\phi$  . Cette valeur, qui ne correspond pas au rapport entre la puissance**

**du ventilateur et la puissance du moteur, ne peut être mesurée que par un spécialiste. Cet élément apparaît sur les plaques moteurs (par exemple  $\cos\varphi = 84$  correspondant à la valeur maximale obtenue par le moteur} et sur les factures E.D.F. sous forme de puissance réactive réellement consommée et de pénalités correspondantes.**

**Le seuil de pénalité se situant à partir d'un  $\cos\varphi$  inférieur à 0,82 la plage de meilleure utilisation est comprise entre 0,82 et 0,85.**

### **Exemples:**

- **Si le ventilateur demande une puissance de 26 ch (19,1 kW): choisir au moins le moteur de 30 ch (22 kW)**
- **Si le ventilateur demande une puissance de 29 ch (21,3 kW): éviter le moteur de 30 ch (22 kW) et choisir le moteur de 40 ch (30 kW).**

**Lorsque le ventilateur est entraîné par un ensemble poulie-courroie, il convient de prendre une marge de sécurité plus importante entre la puissance du moteur et la puissance calculée pour tenir compte du rendement de transmission.**

### **Avertissement**

***Etant donné la diversité des modèles de moteurs électriques et de ventilateurs, les renseignements ci-dessus ainsi que ceux regroupés dans les pages précédentes sont donnés à titre indicatif.***

***Le choix du moteur est à faire en accord avec un spécialiste. les gaines de ventilation***

**[Montage de gaines de ventilation dans une cellule métallique ronde. Doc. PRIVÉ](#)**

**[Couloir métallique en superstructure servant de gaine principale pour la ventilation, avec transporteur à chaîne incorporé \(document LORIN\).](#)**

**[Élément de gaine de ventilation doc. PRIVÉ](#)**

## **Les gaines de ventilation**

**Elles assurent:**

- **le transport de l'air du ventilateur à la masse de grain à ventiler,**
- **la répartition uniforme de cet air dans le grain.**



## Leur disposition rappelle celle d'un arbre:

- le tronc, c'est la gaine principale, au sortir du ventilateur; ses parois sont pleines;
- les branches sont les gaines secondaires ou gaines de répartition; posées sur le sol, elles sont le plus souvent constituées de tôles métalliques perforées, les dimensions des orifices étant prévues pour ne pas laisser passer le grain. Mais d'autres types de gaines secondaires sont possibles; dans tous les cas, elles doivent ne pas laisser passer de grain, tout en laissant à l'air un passage suffisant.

Dans certaines grosses installations, la gaine principale est remplacée par une galerie équipée de trappes permettant de faire passer l'air dans les gaines secondaires voulues. En général, cette galerie abrite aussi le transporteur à chaîne assurant la reprise du grain. Ce système, très commode, a pour inconvénient la difficulté de rendre étanches les trappes: les fuites d'air peuvent être importantes, surtout lorsque les cellules sont vides.

<b>Fuites d'air =</b>	mauvaise ventilation
	gaspillage d'énergie

## ***Question pratique***

**Est-il possible de ventiler simultanément plusieurs cellules ?**

**Contrairement à une opinion généralement répandue, un ventilateur travaille dans de meilleures conditions lorsque la surface ventilée est plus grande.**

**Ceci est obtenu:**

- **soit avec une grande cellule;**
- **soit avec plusieurs cellules plus petites.**

**Avantages:**

- **La pression diminue, mais le débit augmente;**
- **Le temps de ventilation simultanée de 2 cellules ou plus est inférieur au temps nécessaire pour les ventiler l'une à la suite de l'autre;**
- **La consommation globale d'électricité est plus faible.**

**Précautions à prendre:**

- **Le grain doit être de même nature;**

- la hauteur de grain doit être la même.

Si l'on ne prend pas ces précautions, l'air passe dans la cellule la moins haute ou dans celle contenant les grains les plus gros (dans l'ordre: maïs, blé, orge, colza).

- pour certains types de ventilateurs, surveiller le disjoncteur, la puissance ayant tendance à augmenter avec le débit.
- ne pas faire descendre le débit spécifique à des valeurs trop faibles.

**EXEMPLE:** Un organisme stockeur possède 5 cellules de 16000 quintaux chacune, dont les dimensions sont les suivantes: surface au sol 285 m<sup>2</sup> - hauteur de grain: 7 m - volume utile :1995 m<sup>3</sup>

Reliées par une galerie souterraine au ventilateur, elles peuvent être ventilées séparément ou simultanément Voici ce qui se passe lorsqu'elles sont toutes pleines de blé.

	Pression mm CE	Débit m <sup>3</sup> /h	Débit spécif. m <sup>3</sup> /h.m <sup>3</sup>	Temps heures	Puissance nécessaire kW	Consom. élect. kWh

1 cellule seule	195	80 000	40,2	25	54,5	1362
5 cellules séparément	195	80 000	40.2	25 x 5 =125	54,5	6812
5 cellules simultanément	50	117 000	11,7	85	47,1	4004

**Le fait de ventiler simultanément les 5 cellules permet un gain énergétique de 41% par rapporta leur ventilation séparée. Cette solution est donc à retenir.**

**Dans une gaine de section donnée, ne pas faire passer un débit supérieur à**

<b>Section cm<sup>2</sup></b>	<b>Gaine principale m<sup>3</sup>/h (pour une vitesse de 8 m/s)</b>	<b>Gaine secondaire m<sup>3</sup>/h (pour une vitesse de 4 m/s)</b>
100	300	150
400	1200	600
900	2600	1300
1600	4600	2300

2500	7200	3600
3600	10400	5200
4900	14100	7050
6400	18400	9200
8100	23300	11650
10000	28800	14400

### Débit maxi (m<sup>3</sup>/h) dans les gaines

- gaine principale = section gaine (cm<sup>2</sup>) x 2,88
- gaine secondaire = section gaine (cm<sup>2</sup>) x 1,44

[Plancher perforé métallique monté sur parpaings \(document PRIVÉ\)](#)

[Silo portuaire constitué de cellules en béton ventilées \(doc. SICA du port rhénan de Colmar Neuf-Brisach\).](#)

[Ventilation de cellule cylindrique à fond conique par gaines radiales \(document MALINGUE\)](#)

## Les gaines: forme, section minimale

**La résistance des gaines au passage de l'air pourra être considérée comme négligeable si leur conception répond à quelques normes:**

- pas de coudes inutiles;
- coudes arrondis;
- longueur la plus faible possible: rapprocher le ventilateur de la cellule.  
(Ces trois règles dépendent de la disposition des lieux, qui ne permet pas toujours le meilleur montage.)
- Section suffisante pour que la vitesse de l'air n'y dépasse pas les valeurs suivantes:
  - gaine principale: 8 m/s (12 à 15 m/s pour de grosses installations);
  - gaine secondaire: 4 m/s (6 m/s pour de grosses installations).

**Or la vitesse de l'air dans les gaines sera d'autant plus faible que le diamètre de ces gaines est important. EVITER LES GAINES TROP PETITES.**

**Au passage de l'air de la gaine secondaire dans le grain, la surface totale de passage doit être telle que la vitesse de l'air n'y dépasse pas 0,25 m/s (0,40 m/s pour de grosses installations). Les abaques en annexe 4 donnent directement la section minimale à donner à la gaine principale et aux gaines secondaires.**

**Si l'on place une gaine à l'aspiration, avant le ventilateur, son diamètre devra être au moins 1,5 fois celui de l'ouïe d'aspiration.**

**Les coudes inutiles ou trop brusques, les sections de gaines trop petites, augmentent considérablement la pression, donc diminuent le débit et font gaspiller de l'énergie.**

---

[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](#)

---

## Répartition dans la cellule

**La répartition des gaines de ventilation dépend de la forme de la cellule et de leur disposition par rapport au tas de grain. Si le nombre de gaines est insuffisant, le bas de la cellule ne sera pas bien ventilé.**

### **Zones non ventilées**

#### **Cellules rondes:**

**Les gaines de ventilation sont généralement livrées avec la cellule. Le réseau peut être en forme d'anneaux, ou de croix, enterré ou posé sur le sol. Pour les cellules en béton à fond conique, les gaines peuvent être radiales.**

**Leur répartition dans la cellule est du domaine du constructeur. Certaines cellules métalliques rondes sont équipées, au lieu des gaines habituelles, d'un plancher perforé métallique. Ce montage, d'un prix plus élevé que celui de gaines, permet néanmoins une meilleure répartition de l'air dans la cellule. En effet, le plancher repose sur un support métallique ou en parpaings qui (dans la mesure où ces derniers sont correctement disposés) permet à l'air de se disperser sur toute la section de la cellule.**

### **Doc. STOLZ**



## [Document ROULIN - 1](#)

## [Document ROULIN - 2](#)

## [Document LAW](#)

### Cellules rectangulaires:

- **Cas général:**

**Dans les cellules rectangulaires, dont la hauteur est généralement plus faible qu'en cellules rondes, la forme du dessus du tas a une grande importance.**

**Dans le cas le plus simple on admet que la hauteur du tas est constante. La répartition des gaines dépend alors de la hauteur du tas.**

### [Cellule rectangulaire de hauteur H](#)

- **la distance  $d$  entre gaines est comprise entre le tiers et la moitié de la hauteur du tas**

$$\frac{H}{3} \leq d \leq \frac{H}{2}$$

- la distance entre les gaines extrêmes et les parois doit être la moitié de la distance d
- la distance entre les extrémités des gaines et la paroi opposée doit être le quart de la distance d.

**Pour déterminer le nombre de gaines nécessaires, nous remarquons:**

- que la longueur de la cellule doit correspondre à un multiple entier de l'écartement (y compris les 2 demi-écartements des extrémités);
- qu'il y a autant de gaines que de fois l'écartement.

***Exemple:***

***La cellule a les dimensions suivantes:***

- hauteur: 8 m
- longueur :17 m
- largeur: 8 m

$$\frac{8}{3} \quad \frac{8}{2}$$

L'écartement d doit être compris entre  $\frac{8}{3}$  et  $\frac{8}{2}$  soit 2,66 et 4,0 m.

Choisissons la distance la plus faible possible pour avoir le maximum de gaines.

Un écartement de 2,66 m permet de monter 17:  $2,66 = 6,4$  gaines.

Le nombre de gaines sera donc de 6 avec:

$$d = \frac{17}{6} = 2,83 \text{ m}$$

$$\frac{d}{2} = 1,42 \text{ m}$$

$$\frac{d}{4} = 0,70 \text{ m}$$

[Position des gaines pour un stockage sous hangar en tas ayant un angle de talus naturel de 27°](#)

**Gaines disposées dans le sens de l'axe du bâtiment**

**Les gaines devraient être espacées d'une distance telle que le rapport du plus long trajet l'air. depuis une gaine jusqu'à la surface. au plus court trajet soit inférieur à 1,5.**

**Prenons l'exemple de la figure A : ce rapport est égal à OA: OB, soit 1 7. En conséquence. il faut envisager 2 gaines par demi-bâtiment.**

**Le N.I.A.E. (National Institute of Agricultural Engineering) propose une table permettant de calculer le positionnement des gaines à partir de la hauteur x du mur latéral.**

<b>Positionnement des gaines à partir de la hauteur x (mètres) du mur latéral pour un stockage en tas selon un angle de talus naturel de 27° (réf. N.I.A.E.)</b>			
x	y	u	t
1,5	1,58	0,51	2,57
2,0	2,11	0,68	3,42
2,5	2,64	0,85	4,28
3,0	3,16	1,03	5,13
3,5	3,69	1,19	5,99
4,0	4,22	1,37	6,85

5,0	5,27	1,71	8,56
6,0	6,33	2,06	10,27
7,0	7,38	2,39	11,98
8,0	8,44	2,74	13,69
9,0	9,49	3,08	15,41

**Prenons l'exemple d'un hangar de largeur indéterminée, mais ayant un mur latéral de  $x = 3$  m de hauteur: selon le tableau, la première gaine est située à  $y = 3,16$  m du mur; la distance  $u = 1,03$  m à partir de cette première gaine permet de déterminer la nouvelle hauteur  $t = x' = 5,13$  m pour un calcul par itération du positionnement de la 2<sup>e</sup> gaine:**

- $y' = 5.27 + (6.33 - 5,27) \times 0,13 = 5.40$  m
- $u' = 1.71 + (2.06 - 1,71) \times 0,13 = 1.75$  m
- $t' = x'' = 8.56 + (10.27 - 8.56) \times 0,13 = 8.78$  m

**... et ainsi de suite; si le hangar a 24 m de largeur (demi-largeur 12 m), il y aura seulement 2 gaines par demi-hangar. positionnées selon le schéma de la figure B. Le dimensionnement des gaines doit être tel que la surface de distribution de l'air croisse**

**selon une progression de raison 2,75 à partir de la 1<sup>re</sup> gaine, de façon à avoir la même progression du débit d'air par gaine.**

**Exemple:**

**Supposons une cellule. ou un tas de grain. ayant les cotes suivantes:**

- hauteur du mur latéral: 3 m. largeur du bâtiment: 24 m
- hauteur centrale :  $3 + 12 \operatorname{tg} 27^\circ = 3 + 6,12 = 9,12$  m.
- longueur: 10 m.
- volume de grain:
  - base:  $3 \times 24 \times 10 = 720 \text{ m}^3$
  - partie supérieure:  $6,12 \times 12 \times 10 = 734,40 \text{ m}^3$
  - Total: ..... 1454,40 m<sup>3</sup>

**Le débit d'air total à fournir est de  $10 \times 1454,40 = 14544 \text{ m}^3/\text{h}$ . soit  $7272 \text{ m}^3/\text{h}$ , ou  $2,02 \text{ m}^3/\text{s}$  par demi-hangar. Ce débit doit être réparti dans 2 gaines alimentées par le même ventilateur. Soient  $Q_1$  (m<sup>3</sup>/s) le débit dans la première gaine (côté mur), et  $Q_2$ (m<sup>3</sup>/s) le débit dans la seconde (vers le milieu du silo). Nous devons avoir:**

$$Q_2 = 2,75 Q_1 \text{ et } Q_1 + Q_2 = 2,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

**La résolution de ces 2 équations donne:**

$$Q_1 = 0,54 \text{ m}^3/\text{s} \text{ et } Q_2 = 1,48 \text{ m}^3/\text{s}.$$

**Supposons que les gaines aient 8 m de long; le débit par m de gaine est alors de:**

$$q_1 = 0,54 : 8 = 0,0675 \text{ m}^3/\text{s.m}.$$

$$q_2 = 1,48 : 8 = 0,185 \text{ m}^3/\text{s.m}.$$

**Si nous voulons avoir une vitesse d'air de 0,25 m/s à l'interface gaine/grain, les largeurs respectives  $l_1$ , et  $l_2$  des gaines seront:**

$$l_1 = 0,0675 : 0,25 = 0,27 \text{ m, soit une gaine de}$$

$$0,27 \times 0,27 = 0,073 \text{ m}^2 \text{ de section;}$$

$$l_2 = 0,185 : 0,25 = 0,74 \text{ m, soit une gaine de}$$

$$0,74 \times 0,74 = 0,55 \text{ m}^2 \text{ de section;}$$

**Les vitesses d'air à l'entrée des gaines seront respectivement de:**

$$V_1 = 0,54 : 0,073 = 6,9 \text{ m/s, et}$$

$$V_2 = 1,48 : 0,55 = 2,7 \text{ m/s.}$$

- **Cas où la hauteur du tas étant variable, les gaines sont disposées transversalement**

**L'angle de talus naturel est de l'ordre de 27 à 30°.**

**Dans ce cas on peut simplifier en tenant compte de la hauteur moyenne du tas de grain; on est donc ramené au calcul précédent.**

**Exemple:**

***La cellule a les dimensions suivantes:***

- **hauteur minimale: 8 m**



- hauteur maximale: 10 m
- longueur: 17 m
- largeur: 8 m

La hauteur moyenne du tas étant de  $\frac{10 + 8}{2} = 9$  m

L'écartement d doit être compris entre  $\frac{9}{3}$  et  $\frac{9}{2}$  soit 3 et 4,5 m.

Si l'on choisit 3 m, le nombre de gaines serait de  $\frac{17}{3} = 5,66$  .

Le nombre de gaines pourra donc être de 5 avec:

$$d = 17 : 5 = 3,4 \text{ m}$$

$$\frac{d}{2} = 1,7 \text{ m}$$

$$\frac{d}{4} = 0,85 \text{ m}$$

- **Cas où la hauteur étant variable: les gaines sont disposées longitudinalement**

### Gaines disposées longitudinalement

**Ce cas de répartition est plutôt du domaine d'un spécialiste. La section de gaines doit augmenter avec la hauteur du tas de grain. A titre indicatif, le détail du calcul ainsi qu'un exemple sont traités sur la page ci-contre.**

**Ce qu'il ne faut pas faire:**

**Le toit de ce hangar contenant des cellules ventilées ne laisse pas échapper l'air de ventilation. Doc. I.T.C.F.**

**Paroi ajournée permettant au ventilateur d'aspirer l'air extérieure. Doc. ITCF**

**Gaine reliant l'ouïe d'aspiration du ventilateur à l'extérieure. Les coudes auraient pû être évités en rehaussant légèrement le ventilateur et son moteur. Doc. ITCF**

[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](#)

---

## Quelques précautions a prendre pour mieux ventiler

---

[Le recyclage de l'air de ventilation](#)

[Positionnement du ventilateur](#)

[La grille de protection des ventilateurs](#)

[Entretien](#)

[L'aménagement du haut du tas](#)

---

## **Le recyclage de l'air de ventilation**

**Le recyclage de l'air de ventilation est un phénomène néfaste qui se manifeste lorsque le ventilateur et la cellule sont situés dans un même local insuffisamment aéré.**

**Les conséquences en sont les suivantes:**

- **l'air de ventilation sortant chaud de la cellule n'ayant pas la possibilité de s'échapper vers l'extérieur commence à remplir le hangar. Au bout de quelques minutes de fonctionnement, le ventilateur aspire cet air chaud qui finit par effectuer des boucles complètes "hangar-ventilateur-cellule".**
- **Le refroidissement devient impossible puisque l'air est devenu trop chaud.**

### **Le recyclage de l'air de ventilation**

**Ce qu'il faut faire:**

- **évacuer l'air sortant de la cellule soit par des bouches d'aération en toiture ou en pignon, suffisamment ouvertes, soit par des ventilateurs spéciaux dits "extracteur de buée", ou "tourelle de toiture", en faisant attention aux problèmes de bruit**

- **Relier l'ouïe d'aspiration à l'extérieur par une gaine, rigide ou souple d'un diamètre supérieur de 1,5 fois à celui de l'aspiration du ventilateur, et en prenant les précautions d'usage (limiter les coudes à faible courbure).**
- **Si le ventilateur est situé près d'une paroi, ajourer celle-ci tout en la protégeant contre la pluie.**

**[Les ouïes d'aspirations des deux ventilateurs sont trop proches. Doc. I.T.C.F.](#)**

**[L'ouïe d'aspiration du ventilateur est trop proche de la paroi. Doc. I.T.C.F.](#)**

**[Gamme des ventilateurs centrifuges FT. Doc. LAW](#)**

## **Positionnement du ventilateur**

- **Le ventilateur ne doit pas être bridé à l'aspiration:**
  - **éviter de placer l'aspiration d'un ventilateur trop près d'une paroi, sinon ajourer celle-ci;**
  - **éviter de placer 2 ventilateurs côte à côte et surtout de faire coïncider**

## **les ouïes d'aspiration.**

**Cette situation entraînerait des pertes de débit énormes pouvant atteindre 40 %. Par contre, les consommations s'ajoutent. Ce montage est à proscrire.**

- **Le ventilateur ne doit pas être bridé au refoulement:**
  - **vérifier le circuit de gaines de ventilation;**
  - **éviter qu'elles ne soient obstruées.**
- **Le ventilateur doit fonctionner dans les conditions prévues par le constructeur:**
  - **vérifier le sens de rotation du ventilateur;**
  - **vérifier aussi qu'il tourne au régime recommandé.**

### ***Question pratique***

**Que se passe-t-il lorsque plusieurs ventilateurs fonctionnent simultanément sur une même cellule ?**

**Certaines cellules sont équipées de deux ventilateurs pouvant souffler de l'air simultanément dans les mêmes gaines.**

**C'est le cas pour des cellules rondes pouvant recevoir deux ventilateurs mobiles, mais il arrive aussi de rencontrer de grosses installations avec galerie de ventilation et ventilateurs à poste fixe.**

**Le fonctionnement de tels ventilateurs est toujours délicat, sauf si l'on est en présence de deux appareils du même type, et peut être défectueux si les ouïes d'aspiration sont trop proches. Si un ventilateur est plus puissant que l'autre, il arrive que le débit d'air traversant le grain soit presque le même avec 1 ou 2 ventilateurs; par contre, les puissances et les consommations s'ajoutent!**

**[Le grillage de protection de l'ouïe d'aspiration est trop fin. Doc. I.T.C.F.](#)**

**[Ce qu'il faut éviter: grille de protection en métal déployé.](#)**

**[La grille d'aération de l'abri du ventilateur est trop fine et obstruée par la poussière. Doc. I.T.C.F.](#)**

**[Montage conseillé grille de protection type "soleil". Doc. LAW](#)**

**[Ventilateur centrifuge haute pression \(entraînement par poulies et courroies\). Doc. SOLYVENT](#)**

## **La grille de protection des ventilateurs**

**Il arrive assez souvent que les grilles de protection fixées devant les ouïes d'aspiration des ventilateurs, par ailleurs absolument nécessaires, soient constituées de métal déployé. Ce montage est à proscrire car il contribue à augmenter la pression nécessaire pour le passage de l'air. Or la pression nécessaire au ventilateur pour s'alimenter en air à l'aspiration est à déduire de la pression qu'il pourrait fournir pour traverser le grain.**

**On préconise plutôt des grilles à maille carrée assez large ou mieux des grilles du type soleil qui ne perturbent pas l'écoulement de l'air.**

**Pour les ventilateurs protégés par un abri, quelques précautions sont aussi à prendre vis à vis du passage de l'air à travers les ouvertures pratiquées dans les parois de l'abri. Elles sont souvent protégées par du grillage très fin genre garde manger dont la présence est néfaste surtout si la surface d'ouverture est faible ou si elle est obstruée.**

**Un moyen pratique de voir si le ventilateur est bridé est de laisser la porte de l'abri entrouverte (ventilateur tournant):**



- **si elle ne bouge pas, l'installation est correcte;**
- **si elle se referme, la surface d'ouverture est insuffisante.**

**Il arrive parfois d'ouvrir difficilement la porte, lorsque le ventilateur tourne, tant la dépression est importante dans le local.**

**L'énergie que le ventilateur consomme pour aspirer l'air n'est plus utilisable pour ventiler.**

## **Entretien**

**Le ventilateur est toujours associé au moteur électrique qui l'entraîne. L'ensemble constitue un tout appelé "groupe moto-ventilateur".**

**L'entraînement du ventilateur peut être:**

- **Direct (moteur et ventilateur clavetés sur le même arbre). Dans ce cas, le régime de rotation du ventilateur est fixe et correspond à la vitesse du moteur qui est normalisée. Les ventilateurs axiaux peuvent être entraînés à 480, 720, 950, 1.450**

**ou 2.950 tr/mn. Les ventilateurs centrifuges peuvent être entraînés à 950, 1.450 ou 2.950 tr/mn.**

- **Par poulie-courroies: ce montage, d'un prix élevé, présente l'avantage d'offrir un grand nombre de régimes de rotation, ceux-ci variant avec le diamètre des poulies (plus la poulie moteur est grande, plus vite tourne le ventilateur, plus la poulie ventilateur est petite, plus vite tourne le ventilateur).**

### **Entretien du ventilateur:**

- **Protection contre la rouille s'il est situé dehors;**
- **vérification de l'encrassement de la roue;**
- **graissage des roulements avec la graisse recommandée par le constructeur; un manque de graisse conduit à la destruction complète des roulements, un excès de graisse peut être la cause d'échauffements et occasionne toujours des projections grasses. Les roulements étanches ne doivent jamais être graissés.**

### **Entretien du moteur:**

- **Nettoyage des ailettes de refroidissement du corps du moteur;**

**[Doc. ROULIN](#)**

- **Nettoyage des orifices de passage de l'air du refroidisseur (sinon le moteur risque de "griller").**

### **Entretien des courroies trapézoïdales:**

- **Veiller à ne pas les enduire de produits gras (huile ou graisse);**
- **Contrôle de la tension: en appuyant avec le doigt sur la courroie, elle doit s'enfoncer d'une valeur égale à son épaisseur. Le carter de protection sera impérativement remis en place après toute intervention sur les courroies.**

**Un excès de tension provoque un vieillissement prématuré de la courroie et des efforts trop importants et inutiles sur les paliers.**

**Un manque de tension provoque une usure par frottement et un échauffement excessif, il s'accompagne aussi d'une baisse du débit.**

**Pour plus d'informations, voir DOSSIER TECHNIQUE F.F.C.A.C.**

## **L'aménagement du haut du tas**

**Généralement, le grain arrive dans la cellule par un tuyau de descente situé au dessus du tas.**

**Au cours du remplissage, il se produit donc un cône ou talus naturel dont l'angle par rapport à l'horizontale est voisin de 27° et dont la pointe se situe sous le tuyau de descente.**

**La zone centrale du tas de grain est donc:**

- plus haute,
- plus tassée... que la zone périphérique.

**Conséquences:**

- l'air de ventilation y passe moins bien;
- la température après ventilation y est toujours plus élevée de 3 à 5 °C.

### **L'aménagement du haut du tas**

**Ce qu'il faut faire:**

**Il n'est pas question de manier la pelle pour égaliser le tas, mais il est possible de**

**diminuer l'importance du talus naturel en plaçant à l'extrémité de la gaine d'alimentation un éclateur de flux (tôle défectrice comme sur les tonnes à lisier, réglable de préférence) ou un éparpilleur qui a pour but de mieux disperser le grain. Les redlers d'alimentation mobiles de certaines grandes cases rectangulaires permettent d'égaliser automatiquement le haut du tas.**

**Si cela est possible, prévoir la vidange d'une petite partie de la cellule pour réduire le cône et nettoyer le grain de la zone centrale. Si la place est suffisante laisser un cône inversé.**

**Limitation du niveau sonore (en dB.A.) en bordure de propriété selon les lieux et les périodes. Doc. F.F.C.A.C.**

Zone	Période		
	Jour 7 h à 20 h	Intermédiaire 6 h à 7 h 20 h à 22h + dimanches et jours fériés	Nuit 22 h à 6 h

<b>Résidentielle rurale, d'hôpitaux, de détente Résidentielle suburbaine, faible circulation routière</b>	45 50	40 45	35 40
<b>Résidentielle urbaine</b>	55	50	45
<b>Résidentielle urbaine ou suburbaine avec quelques ateliers ou centres d'affaires, des routes à grande circulation</b>	60	55	50
<b>A prédominance d'activités commerciales et industrielles</b>	65	60	55
<b>A prédominance industrielle (industrie lourde)</b>	70	65	60

### [Les blocs SOUNDBLOX. Doc. SARET.](#)

**Les ventilateurs comme beaucoup de machines industrielles se caractérisent par des bruits dont les pics se situent dans les fréquences graves qui sont les plus difficiles à traiter.**

**Les blocs SOUNDBLOX à absorption et isolation acoustiques intégrées permettent de construire autour de ces installations des murs et des écrans antibruit particulièrement efficaces. doc. SARET.**

[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](#)

---

## Quelques nuisances

---

[Le bruit](#)

[La poussière](#)

---

### Le bruit

**Le bruit fait partie des nuisances de notre société. Dans les installations de stockage**

**de grains il provient des organes de manutention, des transports par camion, des ventilateurs et des séchoirs.**

**Les bruits émis au cours de la nuit représentent un handicap sérieux pour beaucoup d'organismes stockeurs, surtout en période de séchage et au moment des ventilations nocturnes (dans certaines zones, il est impossible de ventiler la nuit).**

**Quelques aménagements simples peuvent diminuer, dans des proportions importantes, le niveau sonore émis par un ventilateur. Ce sont:**

- **mur de paille;**
- **mur en parpaings creux (creux tournés vers le ventilateur);**
- **doublage des murs et du toit de l'abri par de la laine de verre apparente;**
- **adaptation de montages prévus Par les constructeurs.**

## **[Le bruit](#)**

### **[Accumulation de poussière. Doc. I.T.C.F.](#)**

### **[Filtres encastrables montés en réhausse verticale pour arrivées de transports pneumatiques. Doc. SLAERI](#)**



## Unités de dépoussiérage sur jetées de bandes transporteuse. Doc. DCE VOKES

### **La poussière**

**La présence de poussière constitue un problème particulièrement délicat. Or, cette poussière est inévitable dans le grain puisqu'elle provient du champ, des fines particules de céréales et de terre provenant des manutentions successives depuis la récolte jusqu'au stockage.**

**La poussière de céréales entraîne des risques d'incidents aussi nombreux que variés:**

- **outre la dégradation des conditions de travail, la poussière peut provoquer:**
  - **des pullulations d'insectes;**
  - **des infestations de rongeurs.**
  
- **elle augmente aussi les risques d'explosions et d'incendies.**

**A ce sujet, l'explosion ou l'incendie n'étant pas le fait d'une génération spontanée, on doit y porter remède en s'attaquant aux causes suivantes:**

- **soudures et flammes à proscrire en atmosphère poussiéreuse;**
- **entretien régulier des équipements.**

**La lutte contre la poussière passe aussi par l'entretien systématique des locaux:**

- **nettoyage;**
- **aspiration et piégeage de la poussière avec du matériel approprié.**

**Pour plus d'informations, se reporter au guide d'entretien édité par la FFCAC "GUIDE TECHNIQUE SUR L'ENTRETIEN ET LA PREVENTION DANS LES SILOS"**

**[FIGURE](#)**

**[FIGURE](#)**

---

**[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](#)

---

## Annexe

---

[Annexe 1](#)

[Annexe 2](#)

[Annexe 3](#)

[Annexe 4](#)

---

### Annexe 1

[Schéma électrique d'une installation de ventilation automatisée partiellement.](#)

### Annexe 2

**PERTE DE POIDS DUE A L'EVAPORATION DE L'EAU.**

<b>Pour 100 kg de grain à</b>	<b>Pour 100 kg de grain on aura après évaporation jusque %</b>
-------------------------------	--

<b>% d'eau</b>	<b>d'eau 18</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>12</b>
22	95,1	94,0	92,9	91,8	90,7	89,7	88,6
21	96,0	95,2	94,0	92,9	91,9	90,8	89,8
20	97,6	96,6	95,2	94,1	93,0	92,0	90,9
19	98,8	97,6	96,4	95,3	94,2	93,1	92,0
18	100	98,8	97,6	96,5	95,3	94,3	93,2
<b>17</b>		100	98,8	<b>97,6</b>	96,5	95,4	94,3
16			100	98,8	97,7	96,6	95,5
15				100	98,8	97,6	96,6
14					100	98,8	97,7

**Exemple: 1 lot de blé qui pesait 100 kg à 17%, ramené à 15% ne pèse plus que 97,6 kg.**

## Annexe 3

[Détermination de la pression d'air nécessaire a la ventilation du maïs](#)

[Détermination de la pression d'air nécessaire a la ventilation du blé](#)

[Détermination de la pression d'air nécessaire a la ventilation du maïs de l'orge](#)

[Détermination de la pression d'air nécessaire a la ventilation du blé du colza](#)

## **Annexe 4**

[Calcul de la section des gaines \(pour une vitesse de 8 m/s\)](#)

[Calcul de la section de gaines \(pour une vitesse de 4 m/s dans chaque gaine\)](#)

**ITCF**

**Juillet 1983**

**INSTITUT TECHNIQUE DES CÉRÉALES ET DES FOURAGES**

**8, avenue du Président-Wilson**

**75116 PARIS**

***Dépôt légal: 4<sup>e</sup> trimestre 1983***

***Imprimerie du Paroi, Recloses 77116 Ury***

---

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