

[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 - Stockage et conservation des grains à la ferme

[Tables des matières](#)

ITCF

8, avenue du Président Wilson
75116 PARIS

Tables des matières

[La conservation des grains a la ferme](#)

[Principes généraux](#)

- [1. Composition chimique des grains](#)
- [2. Caractéristiques physiques des grains](#)

[3. Propriétés biophysicochimiques des grains](#)

[4. Manifestation de l'activité vitale du grain](#)

[5. Mécanismes de l'altération des grains](#)

[6. Appréciation de l'aptitude au stockage](#)

[Réception](#)

[1. Fosse de réception](#)

[2. Pesage](#)

[3. Echantillonnage](#)

[4. Dosage de l'eau](#)

[Nettoyage](#)

[1. Prénettoyeur par ventilation](#)

[2. Prénettoyeur a tambour](#)

[3. Prénettoyeur circulaire à turbine](#)

[4. Nettoyeur a tambour](#)

[5. Nettoyeur-séparateur](#)

[Manutention](#)

[1. Gravite \(Chute libre\)](#)

[2. Vis](#)

[3. Elévateur a godets](#)

[4. Convoyeur a bande](#)

[5. Transporteur a chaîne](#)

6. Transport pneumatique

Séchage

1. Principes généraux

2. Les principaux paramètres d'un séchoir

3. Les différents types de séchoirs

4. Utilisation des séchoirs

4.1 Séchage du maïs

4.2 Séchage du blé de meunerie

4.3 Séchage de l'orge de brasserie et des semences

4.4 Séchage des oléagineux

4.5 Séchage des protéagineux

5. Séchage à basse température

6. Le crib a maïs

7. Cellule sécheuse à épis

Stockage

1. Stockage classique en cellule

2. Stockage en case (aménagement de bâtiments existants)

3. Boisseau de chargement

4. Le crib

5. Le silo hermétique

[La ventilation](#)

[1. Ventilation de refroidissement](#)

[1.1 Principes](#)

[1.2 Conduite](#)

[1.3 Autres types de ventilation](#)

[1.4 Données techniques sur l'installation de ventilation](#)

[1.5 Précautions techniques à respecter pour une ventilation efficace](#)

[2. Ventilation séchante](#)

[Lutte contre les ravageurs](#)

[1. Principaux prédateurs des grains](#)

[2. Traitement des locaux et du matériel](#)

[3. Traitement des grains contre les insectes](#)

[4. Principaux insecticides](#)

[5. Lutte contre les rongeurs](#)

[6. Lutte contre les oiseaux](#)

[Adresses des constructeurs et organismes cités dans l'ouvrage](#)

[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](#)

La conservation des grains a la ferme

Le stockage des grains à la ferme, s'il ne présente pas toujours un intérêt économique évident pour le producteur de céréales, s'impose souvent à l'agriculteur-éleveur.

Une installation de stockage des grains à la ferme ne se conçoit, d'une façon générale, que pour une durée de stockage assez longue, permettant à l'agriculteur de la rentabiliser.

Elle permet la maîtrise du rythme de récolte. L'agriculteur qui stocke reste maître de sa récolte: il peut bénéficier des avantages accordés par l'organisme stockeur auquel il livre (majorations mensuelles) ou bien vendre lorsque les prix sont les plus intéressants.

L'éleveur qui stocke assure déjà la conservation de sa propre récolte et peut acheter différentes céréales lorsque les prix sont intéressants pour fabriquer ses aliments à moindre coût.

Toutefois, il faut tenir compte dans un calcul de rentabilité de l'immobilisation du capital grain, des charges investissement et de fonctionnement de l'installation

Le présent document comporte la description de tous les points à prendre en compte lors de la conception d'une installation fermière de stockage et de conservation des grains. Un avis essentiellement technique est fourni sur les principaux types de matériel rencontrés.

Il est très important de prendre en compte les différents postes abordés dans cette brochure. En effet certains d'entre eux tels l'échantillonnage, la mesure de la teneur en eau et de la température du grain, le nettoyage, etc... qui peuvent paraître secondaires au premier abord sont déterminants pour la conduite correcte du stockage. Les investissements à consentir pour ces matériels sont faibles en comparaison de l'ensemble et sont

de toute façon sans commune mesure avec les pertes de poids de grain et les réfections de prix qui peuvent être occasionnées par une mauvaise conservation.

Lors de la campagne céréalière 1985/1986, la part de collecte nationale effectuée à la moisson pour le blé et l'orge ne représentait que 55,5 % de la collecte totale annuelle. La quantité restante est donc stockée à la ferme pendant une durée plus ou moins longue.

L'auto-consommation représente, toutes céréales confondues une quantité moyenne d'environ 10 millions de tonnes par campagne. En 1988, avec 18,8 millions de tonnes, le stockage à la ferme représente 38 % de la capacité nationale de stockage.

Bien que réalisé avec des équipements de valeur technique très différente, le stockage à la ferme constitue un élément indispensable important de la filière céréale.

On peut répartir les types de stockage fermier en trois catégories:

- les cellules: 11,3 millions de tonnes (60 %),
- le stockage « de fortune » (greniers, planchers, etc...): 5,5 millions de tonnes (29 %)
- les cribs: 2,0 millions de tonnes (11 %)

Au cours de ces 10 dernières années, la proportion de ces différents types de stockage est restée relativement stable, avec une croissance soutenue de 5,2 % par an de la capacité totale, tant à la ferme qu'en organisme stockeur (figure ci-contre). La baisse du prix des céréales en francs constants n'a pas cassé le rythme des investissements.

Par contre l'amélioration de la qualité du matériel est très lente, car elle ne touche que le stockage en cellules, mais elle est régulière.

En 1965 seulement 17 % du stockage total était ventilable; en 1977 ce taux passait à 32 %, et aujourd'hui 43 %, soit une amélioration moyenne de 1,2 % par an sur 22 ans.

Le stockage en cellule est dans l'ensemble de bonne qualité, bien que 25 % de la capacité ne soit pas encore ventilable.

Il reste néanmoins un gros effort à faire pour améliorer le matériel de stockage et son utilisation si l'on veut préserver la qualité des grains produits.

[Evolution des capacités de stockage a la ferme et en organismes stockeurs. \(D'après ONIC\).](#)

[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](#)

Principes généraux

- [1. Composition chimique des grains](#)
- [2. Caractéristiques physiques des grains](#)
- [3. Propriétés biophysicochimiques des grains](#)
- [4. Manifestation de l'activité vitale du grain](#)
- [5. Mécanismes de l'altération des grains](#)

6. Appréciation de l'aptitude au stockage

Les céréales sont de la famille des graminées, leur grain ou caryopse (1) se présente soit nu lorsqu'il a perdu ses enveloppes sous l'effet du battage (blé et maïs), soit vêtu lorsque ses enveloppes sont restées attachées ou soudées au grain après battage (orge, avoine, sorgho, riz). Ces plantes sont cultivées pour leur grain riche en amidon qui est consommé par l'homme et les animaux pour sa valeur énergétique.

Les plantes protéagineuses produisent des grains plus riches en protéines (pois, féverole). Les plantes oléagineuses produisent des grains riches en matières grasses (lin), et certains ont aussi des grains riches en protéines, on les appelle alors oléo-protéagineuses (colza, soja, tournesol). Ces plantes appartiennent à des familles botaniques extrêmement différentes: crucifères (colza), composées (tournesol), légumineuses (soja) etc...

Le grain ou la graine (2) est un organisme vivant dont la finalité est de perpétuer l'espèce à partir de son embryon contenu dans le germe en permettant le développement d'une nouvelle plante. Donc, même en cellule de stockage où il se trouve à l'état de vie ralentie, le grain respire et peut germer dans certaines conditions particulières de température et d'humidité.

(1) - Fruit sec sans pulpe ni noyau.

(2) - Les mots « grain » et « graine » ont un sens général identique:

- le grain désigne un produit destiné à l'utilisation alimentaire ou agro-industrielle.
- la graine se rapporte au même produit destiné à servir de semence.

1. Composition chimique des grains

Le grain se compose de 3 parties principales

- le **péricarpe** ou **enveloppe**: c'est la pellicule cellulosique qui protège le grain pendant sa formation dans l'épi, au cours de sa conservation et aussi pendant la levée, dans le sol, en limitant l'entrée des moisissures et des bactéries. Toutefois le péricarpe n'est pas étanche et permet le passage de l'air et de l'eau.
- l'**endosperme** ou **amande**: constitue presque tout l'intérieur du grain et se compose principalement de minuscules grains d'amidon. On y trouve l'essentiel des réserves énergétiques qui nourrissent la plantule au moment de la germination.
- le **germe** ou **embryon** comprend 2 parties: la plantule (future plante) et le cotylédon (réserve de nourriture très facilement assimilable, destinée à la plantule) qui contient l'essentiel des matières grasses du grain dans le cas des céréales.

Par ordre décroissant d'importance en poids, on trouve parmi les constituants du grain:

- les **éléments principaux**: glucides, lipides et protides.

Les glucides, surtout sous forme d'amidon, de très loin le constituant le plus important des céréales, et les lipides ou matières grasses, constituants majeurs des oléagineux, sont composés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Les protides présents sous forme de protéines contiennent en plus de l'azote. D'une manière générale, les céréales sont peu riches en protéines, contrairement aux protéagineux (pois, féverole) et aux oléoprotéagineux (colza, tournesol, soja).

- les **éléments secondaires**: vitamines, pigments, minéraux, enzymes.
- l'**eau**: indispensable à la vie du grain, toujours présente même à l'état sec.

[Coupe longitudinale d'un grain de blé. \(Doc. ITCF\).](#)

[Coupe schématique d'un grain de maïs \(Doc. ITCF\).](#)

[Coupe longitudinale d'un grain de tournesol. \(Doc. CETIOM\).](#)

COMPOSITION CHIMIQUE MOYENNE DE DIFFERENTS GRAINS (D'après CETIOM et enquêtes ITCF-ONIC). (% DE LA MS).

COMPOSANTS GRAINS	AMIDON	PROTEINES	MATIERES GRASSES	CELLULOSE
BLE TENDRE	65	12,5	2	2,5
ORGE	60	11	2,5	5,0
MAIS	72	10	5	2,5
COLZA	- (1)	23	45	7,0
TOURNESOL	- (1)	20	50	27,0
SOJA	- (1)	43	22	6,0
POIS	50	25	17	6,5

(1) Amidon non dosable.

COMPOSITION MOYENNE DES GRAINS DE BLE, ORGE, MAIS ET POIS EN ACIDES AMINES INDISPENSABLES

(en g/kg pour du grain à 14 % de teneur en eau).

(D'après tables d'alimentation ITCF-ITP).

GRAINS ACIDE AMINES	BLE	ORGE	MAIS	POIS
LYSINE	3,2	3,8	2,6	15,9
METHIONINE + CYSTINE	4,5	4,1	4,0	5,3

THREONINE	3,4	3,4	3,3	8,3
TRYPTOPHANE	1,4	1,1	0,6	1,7

**COMPOSITION MOYENNE DU GRAIN DE MAIS EN ACIDES AMINES, VITAMINES ET MINERAUX.
(D'après AGPM).**

TENEUR EN ACIDES AMINES EN G/KG		TENEUR EN VITAMINES EN MG PAR KG DE MAIS A 15 % S.H.		TENEUR EN MINERAUX	
Ac. Aspartique	6,4	Carotène (1)	3,7	EN % DE LA MATIERE SECHE	
Ac. Glutamique	18,7	Vitamine B1	3,6		
Alanine	7,6	Vitamine B2	2,0		
Arginine	4,8	Vitamine B6	5,7-17	Calcium	0,03
Cystine	2,4	Vitamine C	0	Chlore	0,05
Glycine	3,9	Vitamine D	0	Magnésium	0,17
Histidine	2,8	Vitamine E	3,50	Phosphore	0,32
Isoleucine	3,9	Vitamine K	0,4	Potassium	0,35
Leucine	12,3	Vitamine PP	25,5	Sodium	0,01
Lysine	3,0	Acide folique	0,22	Soufre	0,12
Méthionine	2,0	Ac. nicotinique	15		
Phénylalanine	5,1	Ac. pantothénique	7-34	EN MG/KG DE MATIERE SECHE	

Proline	8,7	Biotine	0,09		
Serine	4,8	Choline	300-600		
Thréonine	3,6			Cobalt	0,011
Tryptophane	-			Cuivre	2,85
Tyrosine	4,4			Fer	30,00
Valine	5,2			Iode	0,33
				Manganèse	6,00
				Zinc	19,60

Les acides aminés indispensables sont en caractères gras

(1) Teneur en provitamine A

Les éléments principaux:

Les glucides:

Les glucides ou sucres se présentent sous la forme de quelques sucres simples, mais surtout de composés plus ou moins complexes de ces mêmes sucres simples tels que le glucose et le pentose. Le plus important est l'amidon qui est la substance énergétique par excellence, facilement digestible. C'est le constituant majeur des céréales: 60 à 65 % du poids pour le blé et 70 à 73 % pour le maïs.

La cellulose qui entre dans la composition du péricarpe est un glucide complexe, difficilement digestible par les monogastriques.

Les protides et les protéines

Ce sont des composés azotés que l'on rencontre sous forme simple (acides aminés) et sous forme plus complexe (protéines). La teneur en protéines des céréales et des protéagineux varie suivant les espèces, elle est en moyenne de 43 % pour le soja, 12 % pour le blé, 11 % pour l'orge et seulement 10 % pour le maïs.

Certains de ces acides aminés, telle la lysine, sont indispensables pour l'alimentation animale (substance nécessaire à la croissance).

Les lipides:

Ce sont les matières grasses. Dans les céréales elles sont fortement concentrées dans le germe. Le blé en contient 1 à 2 % et le maïs 5 %. Dans les oléo-protéagineux elles sont également présentes dans l'endosperme et en quantité plus importante: 22 % pour le soja, 45 % pour le colza et 50 % pour le tournesol.

Les éléments secondaires:

Les pigments et les vitamines

Ce sont des composés chimiques complexes, surtout concentrés dans le péricarpe et le germe à des teneurs très faibles.

Les pigments sont spécifiques à chaque espèce et même à chaque variété. Ils sont parfois associés à des vitamines (pigments caroténoïdes).

Les enzymes

Ce sont aussi des substances complexes présentes en quantité négligeable mais dont le rôle est très important: ils sont responsables des transformations que subissent les autres substances (hydrolyse de

l'amidon et des protéines, destruction des sucres simples et des acides aminés).

Les minéraux

Ils sont présents dans le grain en faible quantité. Les principaux sont: le potassium, le manganèse, le cuivre, souvent associés à des sels (phosphates, chlorures ou sulfates).

L'eau:

L'eau est toujours présente dans le grain, à une teneur plus ou moins grande. Du point de vue chimique et physique, son action solvante favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbiennes lorsque sa teneur dans le grain dépasse un certain seuil. Le rôle de l'eau et les problèmes qu'elle engendre pour la conservation sont étudiés plus loin.

2. Caractéristiques physiques des grains

Les grains peuvent être caractérisés par plusieurs critères physiques: le poids de 1000 grains, la forme (dont dépend la porosité d'une masse de céréales), le poids spécifique.

Le poids de 1000 grains:

C'est un critère plutôt agronomique qui rend compte de la bonne formation et alimentation des grains et dépend essentiellement de la date et de la densité de semis ainsi que de la protection antifongique. Il sert à déterminer le rendement d'une céréale avant la récolte. Cependant il peut aussi permettre de vérifier si un grain a été conservé dans de bonnes conditions, en effet une baisse du poids de 1 000 grains entre la mise en cellule et la vidange d'un lot rend compte d'une perte de matière sèche, donc d'un problème de conservation. Ce poids de 1000 grains généralement calculé à la norme commerciale d'humidité peut aussi être exprimé par rapport à la matière sèche.

Le poids spécifique:**POIDS DE 1000 GRAINS DE DIFFERENTS GRAINS AUX NORMES COMMERCIALES D'HUMIDITE.
(D'après ITCF).**

ESPECE DE GRAINS	POIDS DE 1000 GRAINS (GRAMMES)
BLE	43 (35 à 50)
ORGE	45 (40 à 50)
MAIS	330 (280 à 380)
COLZA	5 (3,5 à 7)
TOURNESOL	53 (35 à 70)
SOJA	165 (94 à 235)
POIS	300 (150 à 400)

POIDS SPECIFIQUE DE DIFFERENTS GRAINS (D'après ITCF).

ESPECE DE GRAINS	POIDS SPECIFIQUE (kg/m³)
BLE	750 à 850
ORGE	650 à 750
MAIS	750 à 850
COLZA	600 à 690

TOURNESOL	380 à 485
SOJA	680 à 780
POIS	750 à 850

C'est une caractéristique des grains qui dépend principalement de la forme et du poids de 1000 grains. Si autrefois la connaissance du poids spécifique était indispensable, il n'en est plus de même aujourd'hui. En effet, jusqu'au milieu de ce siècle les céréales étaient encore souvent commercialisées au volume, il fallait donc mesurer leur poids spécifique pour connaître exactement les masses livrées. De nos jours le pont bascule s'est généralisé et on les commercialise au poids. Dans les transactions commerciales portant sur les céréales à paille, on a conservé le poids spécifique qui reflète tout au plus une certaine qualité physique des grains (beaux grains de poids de 1000 grains élevé = poids spécifique élevé). Il n'y a toutefois aucune relation entre la valeur alimentaire pour l'alimentation animale et humaine et le poids spécifique d'un grain. Le poids spécifique peut être influencé par deux éléments: la teneur en eau des grains et les impuretés.

En règle générale le poids spécifique augmente lorsque la teneur en eau de la céréale diminue, mais il n'y a pas de loi universelle de conversion: les essais ont montré selon la propriété des lots, qu'il fallait ajouter de 0,5 à 1 kg par hectolitre par point d'eau retiré (ou en excès par rapport à un standard de commercialisation).

En ce qui concerne les impuretés deux cas se présentent:

- **s'il s'agit d'impuretés légères (paille, balles, barbes, etc.), après leur élimination au nettoyeur-séparateur le poids spécifique augmente,**
- **inversement, lorsqu'il s'agit d'impuretés lourdes (cailloux, terre, etc...), le poids spécifique restera identique, peut-être baissera-t-il ?**

A l'encontre de ce que l'on pourrait croire, l'élimination des grains cassés abaisse le poids spécifique.

Les manipulations et surtout le brassage du grain le font augmenter sans pour autant que la qualité intrinsèque ne soit modifiée.

Officiellement le poids spécifique se mesure avec une trémie conique et un boisseau de 50 litres. En laboratoire il peut se calculer à partir de mesures effectuées avec un nilémalitre.

D'autre part le grain, en vrac, se comporte comme un fluide d'où toutes les possibilités de manutention par des moyens mécaniques et pneumatiques.

Du grain sec et propre, une fois mis au stockage a tendance à se tasser, ou se compacter, dans le temps, d'où une augmentation de la masse volumique en place.

La forme des grains:

Les grains sont de formes très variables: petits et ronds (colza et sorgho), gros et ronds (pois), ovoïdes (blé et orge), plus ou moins allongés et aplatis (tournesol et maïs denté).

De cette forme dépend le degré de porosité d'un tas de grain. En effet dans une cellule pleine de grains, tout le volume n'est pas occupé par le grain, un certain pourcentage de ce volume est de l'air interstitiel. Plus le grain est de petite dimension moins il laisse de place à l'air, c'est le cas du sorgho et du colza où les espaces libres entre les grains ne représentent que 30 % du volume, alors que dans le cas des grosses graines (maïs, soja, pois) ce sont de 40 à 45 % du tas de grains qui sont occupés par l'air.

C'est cette structure granulaire qui rend possible la ventilation à travers une masse de grain.

D'après ce que nous venons de voir, il est évident que l'air de ventilation aura plus de difficultés à traverser une masse de colza qu'une masse de maïs. La pression que devra fournir un ventilateur soufflant de l'air dans une cellule pleine de colza est environ 5 fois plus importante que celle nécessaire pour traverser la même cellule pleine de maïs pour assurer un débit d'air identique. Inversement, un ventilateur donné fournissant un débit d'air

correct dans du maïs pourra, s'il est mal choisi, être totalement inefficace sur colza. D'où l'importance de la connaissance des lois d'écoulement de l'air, elles mêmes liées à la porosité du milieu, pour le calcul des installations de ventilation.

3. Propriétés biophysicochimiques des grains

La conductibilité thermique du grain

Le grain a une conductibilité thermique faible, c'est un bon « isolant ». C'est une propriété qui a des avantages ou des inconvénients suivant le cas dans lequel on se situe. Lorsque l'on sèche un grain il faut lui fournir une quantité importante de calories pour élever sa température afin d'évaporer l'eau. De même en ventilation de refroidissement, une quantité d'air importante est nécessaire pour abaisser la température du grain, dans ces deux cas il s'agit d'inconvénients. Par contre lorsque le grain est bien refroidi au cours de l'hiver, il se réchauffe difficilement, les échanges de température entre le grain et le milieu environnant sont faibles et lents, dans ce cas là c'est un avantage.

L'hygroscopicité du grain

Le grain est un matériau hygroscopique, il se comporte comme une « éponge », c'est-à-dire qu'il peut échanger de l'eau sous forme de vapeur avec l'air ambiant selon l'humidité relative de cet air. Cependant pour une température donnée, il y a équilibre entre l'humidité relative de l'air et l'humidité du grain.

De nombreux travaux ont permis d'établir des courbes d'équilibre d'humidité air-grain, spécifiques à chaque espèce.

[Courbe d'équilibre hygroscopique air-blé a 25 °C.](#)

[Courbe d'équilibre hygroscopique air-orge a 25 °C. \(D'après CHUNG\).](#)

[Courbe d'équilibre hygroscopique air-mais a 25 °C](#)

[Courbe d'équilibre hygroscopique air-sorgho a 25 °C](#)

[Courbe d'équilibre hygroscopique air-pois a 25 °C. \(D'après FNAMS\).](#)

[Courbe d'équilibre hygroscopique air-tournesol a 25 °C. \(D'après CETIOM\)](#)

[Courbe d'équilibre hygroscopique air-soja a 23 °C. \(D'après CETIOM\).](#)

D'après ces courbes, si l'on met du grain en cellule à une teneur en eau donnée, et que l'on n'effectue aucune ventilation, l'humidité relative de l'air interstitiel va se mettre en équilibre avec l'humidité du grain. Autrement dit, la teneur en eau du grain en vrac va imposer l'humidité relative de l'atmosphère intergranulaire en raison de son volume faible par rapport à la masse de grain. Inversement si on ventile des grains secs ou humides, dans un grand volume d'air à température et à humidité relative constantes, ils vont se réhydrater ou sécher jusqu'à une valeur d'équilibre avec l'humidité relative de l'air. Cette propriété peut être exploitée pour sécher le grain dans le cadre d'une technique simple mais très rigoureuse quant aux normes à respecter, il s'agit de la « ventilation séchante basse température », en cellule ou en case de stockage. A l'inverse dans la pratique il est peu probable de pouvoir réhumidifier du grain, car il faudrait pouvoir le ventiler très longtemps avec de l'air chaud et humide.

La connaissance et l'utilisation de ces courbes sont nécessaires pour le calcul des installations de séchage et de ventilation; leur interprétation permet aussi d'expliquer certains phénomènes tels que les développements de moisissures, les réactions d'oxydation, les réactions enzymatiques.

4. Manifestation de l'activité vitale du grain

Le comportement du grain est conditionné par l'état du milieu dans lequel il se trouve: si les conditions sont défavorables à son activité vitale (température et teneur en eau faibles), le grain est à l'état de vie ralentie; par

contre si le milieu est favorable, les processus vitaux s'accélèrent, grâce aux substances de réserve qui vont les alimenter, sous l'action des enzymes du grain et surtout de la microflore abondante et variée qui imprègne les grains (moisissures, parfois levures et bactéries). L'activité du grain se manifeste par la respiration et la germination.

La respiration

La respiration ou oxydation a toujours lieu, quelles que soient les conditions de stockage, que les grains aient ou non leur faculté germinative intacte. Toutefois l'intensité du phénomène est fonction de la température et de l'humidité du grain et de la quantité d'oxygène présent dans la cellule de stockage. La respiration d'un grain très sec (blé à 12 %) et froid (5°C) est si faible qu'elle peut être considérée comme nulle.

En présence d'oxygène, des sucres libres ou issus de l'amidon par hydrolyse se transforment en eau, en gaz carbonique et en chaleur. Quand l'air se trouvant entre les grains est renouvelé (faible ventilation ou tirage naturel), la production de chaleur peut devenir très importante et provoquer des échauffements entraînant des pertes de matière sèche.

En absence d'oxygène, le grain évolue quand même, mais il se produit alors des fermentations. Les sucres sont transformés en gaz carbonique et en alcool avec un léger dégagement de chaleur. Dans ce cas la perte de matière sèche est moins importante que lorsque l'on est en présence d'oxygène.

Les phénomènes de respiration sont normaux dans le grain stocké, le but de la conservation est de les limiter à une valeur aussi faible que possible.

Oxydation



Amidon + oxygène (ρ) Eaux + Gaz carbon. + chaleur

Fermentation en absence d'oxygène

$C_6 H_{12} O_6 (\rho) 2 C O_2 + 2 C_2 H_5 O H + 22 Kcal$

Amidon (ρ) Gaz carbon. + Alcool + chaleur

La germination

La germination est l'aboutissement naturel de l'activité vitale du grain, en présence d'oxygène et dans des conditions optimales d'humidité et de température. Lorsqu'une masse de grain humide (18 % et plus) est mal refroidie la germination peut se produire, avec ou sans apparition de la plantule. De toutes façons, même à ses premiers stades, elle constitue une altération grave, car elle entraîne de profondes modifications dans le grain (dégradation de l'amidon, perte de matière sèche, etc.).

[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](#)

5. Mécanismes de l'altération des grains

Au cours de la conservation, les grains peuvent subir différentes altérations provoquées par des agents de

diverses origines et amplifiées par les trois principaux facteurs que sont le temps, l'humidité et la température.

Causes de l'altération

Ces altérations peuvent avoir des origines très diverses

- **biologique:** il s'agit du monde animal; les prédateurs mis en cause sont des mammifères rongeurs, (rats, souris, etc.), des oiseaux (moineaux, tourterelles, étourneaux, etc.), et des insectes rampants (charançons, sylvains, etc.) ou volants (teignes, alucites, etc.).
- **microbiologique:** les moisissures sont toujours présentes sur les grains. Elles se développent au champ, ou au cours du stockage, elles sont inoffensives en bonnes conditions de conservation, cependant certaines peuvent faire baisser la faculté germinative tandis que d'autres, dans des conditions bien particulières secrètent des substances toxiques (mycotoxines).
- **enzymatique:** dans des conditions optimales de température et d'humidité, les enzymes présents dans les grains ou secrètes par la microflore entrent en activité et favorisent la dégradation de l'amidon et le rancissement des lipides.
- **chimique ou biochimique:** lorsque le grain est soumis à des températures trop élevées (échauffement naturel ou températures trop fortes lors du séchage) il peut se produire une dégradation de la structure de l'amidon et des protéines, des pertes de vitamines et une modification d'aspect (brunissement, voire dans des cas extrêmes, noircissement du grain).
- **mécanique:** il s'agit des grains cassés lors des différentes opérations de manutention.

**ANALYSES MYCOLOGIQUES SUR BLE CONSERVE PENDANT UN AN PAR LA VENTILATION DE REFROIDISSEMENT.
(D'après PELHATE, UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE).**

Si le stockage s'effectue dans de bonnes conditions les flores champêtres et intermédiaires sont remplacées par la flore de stockage.

TRAITEMENT	GRAIN FRAICHEMENT MIS EN CELLULE		GRAIN APRES UN AN DE STOCKAGE	
MYCOFLORE	1	2	1	2
<i>FLORE DU CHAMP</i>				
Alternaria tenuissima	1 200	4 000	200	150
Epicoccum nigrum	0	500	0	0
Fusarium culmorum	0	0	0	0
Phoma glomerata	8 000	1 500	0	0
<i>FLORE INTERMEDIAIRE</i>				
Cladosporium cladosporioides	10 000	12 000	1 500	1 200
Pullularia pullulans	5 000	3 000	1 200	1 500
Rhizopus stolonifer	0	0	0	0
<i>LEVURES</i>				
Candida sp.	4 000	5 000	0	0
Sporobolomyces roseus	50 000	25 000	0	0
Verticillium lecanii	2 000	5 000	0	0
<i>FLORE DE STOCKAGE</i>				
Aspergillus candidus	0	0	0	0
Aspergillus flavus	0	0	0	0
Aspergillus groupe glaucus	0	0	250	250

Penicillium cyclospium	0	0	1 200	1 500
Penicillium stoloniferum	0	0	250	200
Bactéries	6 M	4 M	4 M	5 M

Numération de germes par gramme de céréale

1. Pollution superficielle sur grains entiers

2. Pollution totale sur grains broyés

M = 1 000 000

TENEUR EN EAU DU GRAIN: STANDARDS COMMERCIAUX ET SEUILS DE STABILISATION. (D'après ONIC et ITCF).

GRAINS CRITERES	MAIS ET SORGHO	BLE ET ORGE	POIS	TOURNESOL	COLZA
NORME COMMERCIALE (%) ⁽¹⁾	14,5	14,5	14,5	10	9
SEUIL DE STABILISATION (%)	12	14	12	9	9

(1) Valeur maximale pour la mise à l'intervention.

Facteurs d'altération

Les trois principaux facteurs qui conditionnent l'ampleur de ces diverses altérations sont

- **le temps:** c'est le facteur prépondérant puisqu'il conditionne la durée des dégradations. Plus un grain humide attend avant d'être traité, plus il se dégrade, il convient donc d'agir le plus rapidement possible après la récolte pour mettre ce grain dans de bonnes conditions de stockage.
- **l'humidité du grain:** elle conditionne l'intensité des dégradations surtout si le grain est très humide. Lorsque l'humidité du grain est portée au niveau du « seuil de stabilisation » (il n'y a plus ni eau libre ni eau faiblement adsorbée) l'activité respiratoire est très faible, et le produit se comporte presque comme une matière inerte. Par contre aux normes commerciales (1 à 3 points au-dessus du seuil de stabilisation) il y a des risques de mauvaise conservation, il faudra donc surveiller le grain. Une augmentation de l'humidité de 1,5 point entraîne une multiplication par deux de l'intensité respiratoire du grain donc de la quantité de chaleur dégagée. Les moisissures ne peuvent se développer qu'avec une humidité relative de l'air interstitiel supérieure à 65-70 %. Pour être en dessous de ce seuil avec du grain aux normes d'humidité (cf courbes d'équilibre hygroscopique air - grain), il faut le refroidir en dessous de 10°C.
- **la température du grain:** une augmentation de 5°C. double l'intensité respiratoire. On a donc intérêt à abaisser la température de stockage par la ventilation. Les insectes ne se reproduisent plus au-dessous de 12°C. et ils sont tués si le grain peut être maintenu durant 2 mois 1/2 en dessous de 5°C.

DIAGRAMMES DE CONSERVATION DE DIFFERENTS GRAINS EN FONCTION DE LEUR TEMPERATURE ET DE LEUR TENEUR EN EAU.

Ces diagrammes indiquent la durée maximale de conservation des grains à partir de différents critères de qualité, en admettant que la température de stockage reste constante. Généralement, la température a tendance à augmenter.

[Blé. Critère de détérioration: pouvoir germinatif ramené à 70% d'après GUILBOT](#)

[Tournesol. Critère de détérioration: valeur de l'indice d'acide de l'huile extraite supérieure à 3 d'après doc. CETIOM](#)

[Maïs. Critère de détérioration: perte de matière sèche de 0.5 % par respiration d'après STEELE et SAUL doc. ITCF](#)

[Colza. Critère de détérioration: valeur de l'indice d'acide de l'huile extraite supérieure à 3 d'après doc. CETIOM](#)

[Orge de brasserie. Critère de détérioration: perte de 5 % maximum du pouvoir germinatif d'après KREYGER](#)

[Pois. Critère de conservation maintien du pouvoir germinatif \(d'après K.A. Mc LEAN\)](#)

6. Appréciation de l'aptitude au stockage

On peut apprécier l'aptitude au stockage par des mesures portant sur l'état du grain.

- mesure de la température à l'aide de sondes thermométriques fixes ou mobiles.
- mesure de l'humidité sur des échantillons prélevés à la réception, en sortie de séchoir ou lors de transilages.

On peut ensuite se reporter à des diagrammes de conservation spécifiques à chaque grain ou au diagramme général de conservation pour les céréales. On verra ainsi immédiatement s'il faut intervenir ou non, avec quelle rapidité et par quels moyens.

Les moyens d'intervention varient en fonction du paramètre sur lequel il faut agir:

- pour l'humidité du grain: séchage rapide à l'air chaud ou ventilation séchante avec de l'air légèrement réchauffé.
- pour la température du grain: ventilation de refroidissement à l'air ambiant; dans le cas d'installation non ventilables, transilage qui aère et refroidit légèrement.
- pour les moisissures: on limite leur développement en maintenant à un faible niveau humidité et température.

- **pour les insectes: la ventilation de refroidissement à l'air ambiant est un moyen de lutte efficace; en cas de pullulation, utiliser des insecticides adaptés en pulvérisation, nébulisation ou bombes fumigènes.**

[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](#)

Réception

[1. Fosse de réception](#)

[2. Pesage](#)

[3. Echantillonnage](#)

[4. Dosage de l'eau](#)

C'est un poste qui est trop souvent négligé lors de la conception d'une installation de stockage fermier, pourtant il est souvent utile de pouvoir réceptionner rapidement le grain que l'on désire stocker, d'en connaître la masse de façon précise et de pouvoir l'échantillonner facilement pour déterminer les caractéristiques des grains (humidité, température, taux d'impuretés et de brisures, etc..).

Un système de pesage s'impose pour connaître avec précision les masses des différents grains afin de gérer ses

stocks et faire éventuellement des bilans.

Pour réceptionner rapidement le grain, qu'il soit récolté sur l'exploitation ou acheté à un organisme stockeur, la fosse de réception est indispensable pour s'affranchir du débit du circuit de manutention.

Après un échantillonnage bien représentatif des différents lots, l'indicateur d'humidité est un auxiliaire indispensable pour apprécier l'aptitude au stockage du grain.

1. Fosse de réception

Au premier abord il ne semble pas nécessaire de posséder un moyen de réception rapide des grains. Il existe en effet des vis élévatrices munies d'une trémie de réception. Leur débit est assez lent et il faut tenir compte de l'organisation du chantier de récolte qui ne doit souffrir aucun retard, ou de la durée de livraison par camion qui doit être la plus courte possible. Le meilleur moyen pour arriver à satisfaire ces deux exigences est de disposer d'une trémie creusée dans le sol, dans laquelle les véhicules de livraison viennent vider rapidement leur chargement. De plus il peut arriver que des pannes dans l'installation arrêtent les moyens de manutention. La capacité de la fosse est alors employée comme tampon pour recevoir du grain pendant un certain temps.

Accès à la fosse

- **la largeur minimale stabilisée de la voirie conduisant à la fosse doit être de 3 mètres (gabarit routier: 2,50 m).**
- **la hauteur minimale de passage nécessaire est de 4 m (attention aux arbres, porche de ferme, lignes électriques et téléphoniques, etc..).**
- **si la fosse est située sous hangar, la hauteur minimale pour benner sans difficulté est de 8 m pour un semi-remorque.**
- **prévoir une aire de dégagement suffisante devant la fosse de réception pour que la manoeuvre des**

véhicules s'effectue dans de bonnes conditions. Lorsque la fosse est extérieure il est indispensable de prévoir une couverture amovible escamotable par un treuil ou par un système coulissant sur rails.

EXEMPLES DE DIMENSIONS DE FOSSE DE RÉCEPTION A BASE CARRÉE POUR UNE REPRISE PAR VIS SANS FIN.

CAPACITE STOCKAGE (QUINTAUX)	VOLUME DE LA TREMIE (m³)	BASE COTE (m)	PROFONDEUR (m)
1000	8	3,30	2,25
1500	10	3,50	2,50
2000	13	3,80	2,70
3000	16	4,00	3,00
4000	21	4,50	3,15

EXEMPLES DE DIMENSIONS DE FOSSE DE RÉCEPTION A BASE RECTANGULAIRE POUR UNE REPRISE PAR VIS SANS FIN.

CAPACITE STOCKAGE (QUINTAUX)	VOLUME DE LA TREMIE (m³)	BASE		PROFONDEUR (m)
		l (m)	L (m)	
1000	8	2,60	3,60	2,50
1500	10	2,75	4,00	2,80
2000	13	3,00	4,30	3,00
3000	16	3,30	4,60	3,20

4000	21	3,60	5,00	3,50
------	----	------	------	------

EXEMPLES DE DIMENSIONS DE FOSSE DE RÉCEPTION A BASE RECTANGULAIRE POUR UNE REPRISE PAR ÉLÉVATEUR A GODETS (PUITS AU CENTRE D'UN CÔTÉ).

CAPACITE STOCKAGE (QUINTAUX)	VOLUME DE LA TREMIE (m ³)	BASE		PROFONDEUR (m)
		l(m)	L(m)	
1 000	8	2,00	4,00	3,00
1 500	10	2,25	4,50	3,15
2 000	13	2,40	4,80	3,40
3 000	16	2,60	5,20	3,60
4 000	21	2,90	5,60	3,90

Capacité de la trémie

Il est logique de penser que la capacité de la trémie soit proportionnelle à celle de l'installation de stockage, au débit de récolte de la ou des moissonneuses-batteuses, et à la connaissance des camions livrant les produits.

Cependant il existe un volume minimum au-dessous duquel il ne faut pas descendre qui est de l'ordre de 8 m³ soit 60 quintaux de capacité.

Dans les installations importantes il existe 2 choix possibles

- soit prévoir une trémie dont la capacité correspond à 3 heures de récolte de moissonneuse-batteuse, mais les limites de cette solution sont rapidement atteintes car les dimensions de la trémie nécessaire atteignent des valeurs importantes.

- **soit, et cela est souvent préférable, avoir une trémie ayant un volume égal à celui du véhicule le plus important assurant le transport du grain. Dans ce cas le système de manutention devra être capable d'assurer un débit horaire au moins égal aux possibilités de récolte de la ou des moissonneuses-batteuses.**

CAPACITE DE TREMIE DE RECEPTION EN FONCTION DE LA CAPACITE DE STOCKAGE.

CAPACITE STOCKAGE (QUINTAUX)	VOLUME DE LA TREMIE (m³)	CAPACITE DE LA TREMIE (QUINTAUX)
1 000	8	60
1 500	10	75
2 000	13	100
3 000	16	120
4 000	21	160

Forme de la trémie

On a toujours intérêt à enterrer la trémie de sorte que son emplacement ne constitue ni une gêne, ni un obstacle, La forme la mieux adaptée est celle d'une pyramide inversée, Trois solutions sont à envisager en fonction du système de manutention assurant la reprise du grain. Dans le cas de reprise par vis, la pyramide est régulière, c'est-à-dire que son sommet est placé dans l'axe du centre de la base. Dans le cas de reprise par élévateur à godets, la pyramide est irrégulière, une de ces faces est verticale pour amener le grain au fond d'un puits contenant l'élévateur. Dans le cas de reprise par transporteur à chaîne ou à bande caoutchouc la base est rectangulaire et la trémie en V.

Cas de la trémie avec reprise par vis sans fin.

La trémie à la forme d'une pyramide régulière dont il faut déterminer les dimensions.

Dans la mesure du possible on a intérêt à prévoir une trémie dont la base soit carrée La profondeur est alors au moins égale à la moitié du côté de la base, mais il est préférable de se rapprocher d'une dimension égale à 0.7 fois celle du côté, ceci afin d'assurer un écoulement continu du grain vers le point bas ainsi la fosse se vide pratiquement sans intervention manuelle

Dans le cas où l'emplacement de la trémie limite la largeur de celle-ci, la base prend alors la forme d'un rectangle, la profondeur minimale est égale à la moitié du grand côté. Cependant il semble préférable comme dans le carré d'augmenter ces proportions à 0,7 fois le grand côté La largeur doit être au moins égale à 0,7 fois la longueur.

[Trémie avec reprise par vis sans fin intérieure.](#)

[Trémie avec reprise par vie sans fin.](#)

Cas de la trémie avec reprise par élévateur à godets

Dans ce cas il est nécessaire de prévoir le logement de l'élévateur à godets. il sera constitué par un puits contigu à l'un des côtés de la trémie et extérieur a cette dernière, Le puits devra être de dimensions suffisantes pour que le pied de l'élévateur soit accessible. Une section minimale de 1 x 1,40 m semble indispensable. L'emplacement de l'élévateur à godets oblige à prévoir une trémie ayant la forme d'une pyramide irrégulière, la pointe basse étant attenante au puits contenant l'élévateur.

La profondeur de la trémie doit être égale à 1,10 fois le côté si la base est carrée Cependant contrairement au cas précédent il semble que la meilleure forme soit le rectangle La largeur peut être égale à la moitié de la longueur et la profondeur à 0,7 fois la plus grande dimension.

Quand le puits contenant l'élévateur doit être placé à l'un des angles de la pyramide on a intérêt à prévoir une base carrée et la profondeur doit alors être égale à 1,10 fois le côté.

[Trémie avec reprise par élévateur à godets.](#)

Cas de la trémie avec reprise par transporteur à chaîne ou à bande.

Dans ce cas la trémie a la forme d'un V, le transporteur est situé à la pointe du V. L'alimentation de celui-ci s'effectue par l'intermédiaire de trappes disposées régulièrement sur toute la longueur

Cette forme de trémie est intéressante lorsque l'implantation s'effectue sur terrain humide ou rocheux, car elle permet d'obtenir des capacités importantes sans que l'on soit obligé de creuser profondément le sol. Par contre l'investissement en manutention est plus important que dans les solutions précédentes.

Une variante existe avec une vis sans fin nue installée dans le fond de la trémie le long de l'arête, elle est recouverte d'un capot métallique en forme de V pointe en haut, qui sert de régulateur du débit d'alimentation.

[Trémie avec reprise par transporteur à chaîne ou à bande.](#)

Réalisation de la trémie

Construction

La fosse doit toujours être creusée en période humide pour déterminer la profondeur à laquelle se trouve la nappe d'eau, cela est particulièrement vrai en sol humide, Parfois un drainage autour et en fond de fosse est indispensable, il faut éventuellement prévoir un puisard ou un point bas avec une moto-pompe.

La trémie peut être quelquefois de construction simplifiée en utilisant la pente naturelle du terrain, surtout en sol

humide, il suffit pour cela d'effectuer un remblai de manière à réaliser un plan incliné.

Cela évite d'avoir à creuser le sol, mais a l'inconvénient de rendre l'emplacement impraticable à la circulation des véhicules. Classiquement la trémie a vidange automatique est creusée dans le sol. Pour que le grain glisse vers l'appareil de reprise, il faut que la pente des parois soit au minimum de 45 degrés. Les fouilles doivent dépasser les dimensions prévues d'une quinzaine de centimètres, afin de permettre la réalisation des parois qui sont faites en béton de 10 à 15 cm d'épaisseur. Ce dernier est constitué par des gravillons et par un mélange de sable et de ciment, dosé à 250 kg de ciment par m³ de gravillon. Sur ce béton est étendue une chape de mortier, dosé à 300 kg de ciment au mètre cube de sable, de 1 à 1,5 cm d'épaisseur.

Dans le cas de reprise par élévateur à godets il faut prévoir la confection d'un puits. Une des meilleures formules est d'employer des parpaings creux de 50 x 20 x 20 cm. Il est utile de prévoir dans l'un des angles du puits une échelle métallique scellée au mur pour permettre la descente au pied de l'élévateur et une autre côté fosse pour descendre au fond de la trémie.

La forme du fond de fosse est fonction du mode de reprise:

- plat de 25 cm x 25 cm pour poser le pied de vis,
- puits pour se raccorder au pied de l'élévateur et permettre la vidange complète de la fosse,
- réservation à prévoir dans le béton selon le plan fourni par le constructeur pour un transporteur à chaîne ou une vis extractrice.

Étanchéité:

Lorsque les trémies sont construites dans des sols humides, il est impossible de réaliser une fosse étanche avec le béton seul. Cette étanchéité peut être assurée par l'adjonction de produit hydrofuge dans le ciment. La pose de films polyane armé ou de butyl est recommandée avant de couler le béton. Il faut assurer l'assèchement de la

fouille pendant l'opération de coulage et de prise du béton. L'étanchéité sera complétée par 2 ou 3 couches d'enduits ou de peintures type « Rubson » ou « Sika ».

Couverture:

Quel que soit l'emplacement de la trémie, il est indispensable de la recouvrir pour éviter les accidents (chute de personnes ou d'objets). De plus si elle est située sur un axe de passage de véhicules, il est nécessaire que la résistance mécanique de la couverture soit suffisante pour supporter, le poids de cette charge. Il faut alors, selon les dimensions de la trémie et la charge qu'elle doit supporter utiliser des IPN de 160 mm, voire de 250 mm dans le cas de semi-remorque ou des rails de chemin de fer réformés, sur lesquels on fixe des tubes métalliques de 40 à 50 mm de diamètre, ou des fers ronds pleins de 20 à 30 mm de diamètre, ou encore des fers plats de 50 x 10 mm posés de chant et espacés de 30 mm.

Si les véhicules ne passent pas sur la fosse, une simple armature en cornière de 50 mm ou en IPN de 60 mm, sur laquelle repose du métal déployé, suffit. Dans tous les cas, la couverture doit être conçue de façon à permettre le libre écoulement du grain au cours du déchargement. Il faut, dans le cas d'une armature en IPN, souder des déflecteurs sur les ailes, pour supprimer tous les plans horizontaux; dans le cas de cornières métalliques, positionner ces dernières avec l'arête vers le haut.

Pour des unités de stockage de petite capacité et lorsque le sol est trop humide pour installer une fosse de réception enterrée, il existe une solution alternative avec un ensemble constitué d'un élévateur à palettes et d'une vis sans fin incorporée a une trémie.

[Exemple de couverture de trémie avec armature en IPN et chemin de roulement en fer plat ou fer rond](#)

[Adaptation d'un fer IPN en support de grille pour fosse de réception.](#)

2. Pesage

S'il n'est pas courant en exploitation céréalière de peser les masses de produit stocké, cela le devient plus dans le cas des céréaliers-éleveurs qui ont à gérer un stock souvent plus disparate en ce qui concerne les types de grains conservés et dont la rotation est plus rapide et continue tout au long de l'année.

Quatre types de matériel peuvent être utilisés pour peser les lots de grains à la ferme, il s'agit du pont-basculé, du pese-essieu, de la bascule de circuit et de la trémie peseuse.

Pont-basculé

Le pont basculé est le moyen de pesage le plus polyvalent. Il est constitué d'un tablier, en béton armé ou métallique, qui repose soit sur un ensemble de coussinets et de rouleaux, soit sur des capteurs électroniques (jauges de contrainte, capteurs de cisaillement). Il peut être du type double romaine avec transfert mécanique du poids ou du type électronique avec transfert électrique de l'information, visualisation du poids par lecture digitale, possibilité d'imprimante et d'adaptation sur tout système d'automatisme informatisé.

L'installation de ce matériel nécessite le creusement d'une fosse de 1 à 1,50 m de profondeur, sauf pour les modèles transportables qui se posent à même le sol, sur une surface horizontale plane; dans ce cas une rampe d'accès à chaque extrémité du pont est nécessaire.

Les dimensions minimales pour ce matériel sont de 10 m x 3 m pour une portée de 40 tonnes. Il faut effectuer l'implantation dans un terrain sain ou assaini. La précision de la pesée est de ± 10 kg. Le prix assez élevé (au minimum 150 000 F en 1988) d'un ensemble pont-basculé le fait réserver à des exploitations importantes.

[Pont basculé électronique à capteurs de cisaillement ne nécessitent pas de loue, type NF \(Doc. Precia\).](#)

Pèse-essieu

C'est un appareil dérivé du pont-basculé. Il s'agit d'une plate-forme de 3 m x 1 m environ reposant sur es

capteurs de cisaillement ou de compression et ne nécessitant qu'une fosse de 20 cm de profondeur, Le pesage s'effectue essieu par essieu et grâce à l'indicateur électronique on obtient le poids total d'un ensemble comportant jusqu'à 5 essieux.

La pesée s'effectue à ± 5 à 10 kg près et la portée varie de 5 à 20 t suivant les marques et les modèles. Le pèse essieu doit impérativement être installé à l'horizontale. Il faut prévoir un dégagement de 10 mètres de chaque côté. La pesée doit s'effectuer lorsque le véhicule est bien à l'arrêt même si certains équipements sont dit « dynamiques ». Le prix est moitié de celui d'un pont bascule.

Pèse-essieu électronique Gerkilo (Doc. CR2E).

Trémie-peseuse

Il s'agit d'une trémie posée sur couteaux et coussinets, la mesure du poids est obtenue de façon mécanique avec bras de levier (double romaine) ou de façon électronique avec capteurs à jauges de contrainte.

Le grain est déversé dans la trémie, pesé puis évacué rapidement et complètement avant une autre réception. Ce système nécessite un circuit de manutention de fort débit pour éviter les temps morts entre deux pesées.

Ce matériel existe en version fixe ou mobile, cette particularité peut être intéressante pour le céréalier-éleveur qui doit peser ses matières premières et ses aliments finis en un autre lieu que celui de son stockage habituel de céréales.

La capacité de ce type de matériel varie de 1 à 10 tonnes selon les modèles.

Basculer de circuit

Ce matériel d'un prix relativement moins élevé que les précédents est très intéressant, car grâce à ses dimensions

réduites il s'intègre assez facilement dans un circuit de manutention en sortie d'un élévateur et travaille par pesée unitaire de 50 à 100 kg ou plus. Il faut cependant prévoir une hauteur minimale de 3 mètres.

Plusieurs conceptions existent:

- **bascule à 1 trémie de pesage non basculante à effacement du fond,**
- **bascule à 1 trémie de pesage basculante,**
- **bascule à 2 trémies de pesage non basculantes à effacement du fond.**

Plus couramment rencontrées, les bascules du type à 1 trémie peseuse, sont à pesées successives tandis que les bascules à 2 trémies, moins répandues, pèsent alternativement l'une puis l'autre des 2 trémies. Lorsqu'elles sont en bon état, elles sont précises, mais leur fidélité est fonction de leur entretien et de leur mode d'utilisation: en particulier, l'alimentation régulière en grain pendant la période d'appoint (fin du remplissage de la bascule) est d'une importance capitale. En effet une alimentation insuffisante et un lent écoulement du grain peuvent être préjudiciables au bon fonctionnement de la bascule, car le flux risque de devenir irrégulier et d'exercer des pressions différentes sur la trémie peseuse. Certains modèles possèdent à l'intérieur de la trémie d'alimentation des dispositifs permettant la retenue d'une réserve suffisante de produit à peser pour alimenter régulièrement la bascule.

Il est indispensable pour avoir un bon fonctionnement d'effectuer un réglage du remplissage de la trémie-peseuse à chaque changement de grain si ceux-ci sont de formes très différentes, par exemple colza et maïs. Avec une bascule de circuit bien réglée la précision est inférieure à ± 1 kg.

L'entretien consiste surtout en un nettoyage fréquent de toutes les parties mécaniques avec de l'air comprimé, Après quelques années de fonctionnement il faut vérifier l'état des couteaux et des coussinets et les changer s'ils sont usés. Pour obtenir une bonne précision avec une bascule de circuit, il est recommandé de contrôler régulièrement le poids de quelques basculées et de procéder, si cela est nécessaire, à un réglage du contre-poids.

Pour obtenir le poids exact d'un lot de grain, il faut équiper la bascule de circuit d'un système de pesée du reste pour la dernière basculée. Le nombre total de basculées est obtenu soit par lecture d'un compteur mécanique fixé sur la bascule, soit à distance avec un compteur électromécanique. Le poids total d'un lot est obtenu en multipliant le nombre de basculées par la valeur unitaire de la bascule et en ajoutant le reste.

[Principe de fonctionnement d'une bascule de circuit a 2 tremies-peseuses \(Doc. Technicon Industrie\).](#)

3. Echantillonnage

Afin de déterminer les caractéristiques physiques (teneur en eau, etc.) et chimiques (teneur en protéines, etc.) des grains, il faut échantillonner correctement chaque lot de façon à obtenir un échantillon représentatif de l'ensemble. Pour cela deux cas sont à envisager: soit le grain est en mouvement soit il est statique.

Des solutions et des matériels existent pour chacune de ces situations.

Le grain est en mouvement:

A la réception, lors de la vidange des bennes, il faut prélever du grain à intervalles réguliers à l'aide d'un récipient en prenant soin de couper le flux de produit sur toute la largeur du véhicule.

Il faut procéder de la même façon lors d'une manutention de grain: couper le flux de grain entièrement au niveau d'une chute libre (sortie d'élévateur ou de nettoyeur, etc.).

Si l'échantillon ainsi recueilli est trop volumineux effectuer une division avec un appareil approprié »viseur conique ou à fentes), mais ce matériel de laboratoire coûte cher. Il est alors possible de procéder de la façon suivante: faire un tas de grain régulier avec l'échantillon et le séparer en 2 ou en 4 à l'aide d'une planche. puis prendre la moitié ou le quart du tas en fonction de la quantité que l'on désire conserver, si besoin est répéter l'opération une nouvelle fois pour arriver à la quantité désirée.

Le grain est statique:

On trouve actuellement sur le marché des sondes manuelles de prélèvement du type « à alvéoles, et du type « bateau ».

- **sonde à « alvéoles »: on peut prélever du grain sur une profondeur de 1 à 2 m (en fonction des modèles) avec une prise d'échantillon tous les 25 cm environ.**

A chaque prise la quantité recueillie est de 75 g à 250 g suivant le type de grain et la longueur de la sonde

- **sonde à bateau: le prélèvement d'environ 50 à 100 g s'effectue uniquement en bout de sonde à une profondeur maximale de 4 m. Elle se présente en éléments démontables de 1 mètre de long.**

Il existe aussi une sonde électrique qui permet de prélever un échantillon sur une longueur de 2 mètres, Il s'agit d'un moteur de perceuse à variateur électronique de vitesse de rotation sur lequel est fixé un ressort en acier qui tourne dans un tube métallique, l'ensemble jouant le rôle d'une vis à grain.

Pour les petites cellules, d'un diamètre ou d'une hauteur inférieure à 4 m l'échantillonnage peut être effectué par le haut de la cellule en effectuant plusieurs sondages. Pour les dimensions supérieures il est bon de prévoir des points de prélèvements sur les parois de façon à pouvoir échantillonner horizontalement la partie basse inaccessible par le haut.

[Sonde électrique](#)

[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](#)

4. Dosage de l'eau

Le dosage de la teneur en eau dans le grain est indispensable lorsque l'on stocke des grains, l'humidité du produit étant un des paramètres, avec la température, à connaître pour savoir de quelle façon il faut intervenir pour stocker le grain dans de bonnes conditions. La seule méthode valable pour déterminer la teneur en eau d'un grain est la dessiccation par étuvage. Cette technique de laboratoire n'est pas envisageable pour des mesures rapides à la ferme.

Il existe actuellement un nombre important de petits indicateurs d'humidité qui fonctionnent tous sur le même principe, qui est celui de la mesure des caractéristiques diélectriques du grain. Ils fonctionnent sur grains entiers. Selon les marques et les modèles, ces appareils sont d'une précision acceptable jusqu'à plus ou moins 1 point pour les céréales à paille aux alentours des normes commerciales. Dès que l'humidité augmente la précision devient moins bonne, c'est le cas des céréales à paille au-dessus de 20 % et du maïs au-delà de 25 %, les écarts peuvent atteindre pour certains appareils plus ou moins 3 à 4 points. Les résultats détaillés des contrôles de ces appareils figurent dans le tableau ci-contre.

Appareils		Céréales à paille				Maïs		
Constructeurs ou revendeurs	Dénomination	Influence de la céréale	Influence de la variété	Influence du niveau d'humidité	Dispersion des résultats	Influence du type de maïs	Influence du niveau d'humidité	Dispersion des résultats
GEC	AGROFARM	Faible	Null	Surestimation:	Assez faible	Null	Surestimation:	Assez

Composants				2 à 3 points vers 12 %, 0,5 à 1 point vers 15 %, 1,5 à 2 points vers 20 %	pour le blé, plus forte pour l'orge et l'escourgeon		0,5 à 1 point vers 15 % Sous-estimation. 0,5 à 1 Point vers 20 % Lecture impossible au-delà de 25 %	faible
REDDE	AGROMATIC MK II	Faible	Nulle	Sous-estimation 0 à 1 point jusqu'à 20 %, plus important au-dessus de 20 %	Assez faible pour le blé et l'orge, plus forte pour l'escourgeon	Nulle	Sous-estimation: 0,5 à 1 point jusqu'à 22 %, plus importante au-dessus de 20 %	Faible en dessous de 22 %, plus forte au-dessus
	AGROMATIC DIGITAL	Faible	Faible	Blé tendre: surestimation de 1,5 quelle que soit l'humidité Blé dur: surestimation de 1,5 point à 12 %, de 0,5	Assez faible pour le blé et l'escourgeon, plus marquée pour l'orge			

				point à 22 % Orge: sous-estimation de 0,5 point à 12 % de 2 points à 24 % Escourgeon: sous-estimation de 0,5 point à 12 % très importante au-dessus de 20 %.				
BLETAGRI	BLETRONIC	Faible	Faible	Blé tendre: surestimation de 0,5 point quelle que soit l'humidité Blé dur: surestimation de 1,5 point à partir de 15 % Orge: bons résultats à 12 % sous-	Très faible pour les blés Faible pour l'escourgeon Plus marquée pour l'orge		Surestimation de 1,5 point à 12 %, sous-estimation de 1,5 point à 30 %	Faible jusqu'à 30 % environ, plus forte au-dessus

				estimation de 1 point à 20 % Escourgeon: sous-estimation de 1 point à 12 % très importante au-dessus de 22 %				
TRIPETTE et RENAUD	DICKEY- JOHN DJIS- HM	Faible	Nulle	Blé: bons résultats Orge: surestimation de 1 point à 11 %, bon résultat vers 15 %, sous-estimation de 1 point au-dessus, escourgeon: sous-estimation de 1,5 point	Très faible pour le blé et l'orge, faible pour l'escourgeon	Faible Résultats meilleurs avec mais denté	Sous-estimation: mais denté: 0,5 point environ, mais corne denté: 1 point environ jusque 25 %, plus importante au-delà	Faible en dessous de 25 % environ, plus forte au-dessus

Mr Laffineur	FARMEX	Faible	Faible	Blé tendre: surestimation de 2 points à 10 %, bons résultats à 15 %, sous-estimation de 1,5 point à 21 % Blé dur: surestimation de 2,5 points à 10 %, bons résultats à 15 % Orge: sous-estimation de 1,5 point à 12 % de 1 point vers 25 % Escourgeon: sous-estimation de 1,5 point à 12 % de 4,5 points à 20 %	Assez faible pour le blé dur, plus marquée pour le blé tendre, l'orge et l'escourgeon		Très bons résultats entre 12 et 20 % sous-estimation de 1,5 point vers 35 %	Faible jusqu'à à 30 % environ, plus fort au-dessus
SAMAP	SAMAP-O-TEST	Faible	Nulle	Blé: sous-estimation de	Faible pour le blé, plus	Nulle	Sous-estimation: 1	Faible en dessous de

	MODÈLE H2			1 point à 12 %, bon résultat vers 15 %, légère sous-estimation au-dessus Orge: sous-estimation inférieure à 1 point. Escourgeon: bons résultats	forte pour l'orge et l'escourgeon		point environ jusqu'à 25 %, plus importante au-delà	25 % environ, plus forte au-dessus
BLETAGRI	WILE 36	Très faible	Nulle	Blé: sous-estimation de 0,5 point à 12 %, bon résultat à 15 %, surestimation de 0,5 % à 22 % Orge: bons résultats	Très faible	Faible Résultats meilleurs avec mais denté	Sous-estimation: importante entre 14 et 15 %, au-dessus: résultats assez bons (mais dente), sous-estimation 0,5 point (mais corné denté)	Assez forte
L'AGRONIQUE	HUMIDI-Grain	Nulle à faible	Nulle	Blé tendre: nulle Blé dur:	Très faible à nulle		Sous estimation faible vers 15	Faible

				surestimation de 1 à 1,5 point au- dessus de 20 %		% et vers 35 % et plus marquée vers 25 %	
				Orge: nulle Escourgeon: sous- estimation de 1 point environ			

Depuis 1987 il existe un appareil (HUMIDI-GRAIN) qui élimine une grande partie de tous ces défauts. Il fonctionne avec du grain broyé et de ce fait il est insensible à l'humidité superficielle des grains. La contrainte légère occasionnée par le broyage du grain est largement compensée par la précision obtenue avec ce matériel. L'écart est inférieur à 0,5 point aux alentours des normes commerciales et inférieur à 1 point entre 20 et 25 % d'humidité pour les céréales à paille et sur maïs humide il est de 1 à 1,5 point.

Attention

- *pour avoir une précision maximale il est indispensable de nettoyer le grain (retirer manuellement les grosses impuretés et tamiser pour enlever les brisures).*
- *ces appareils ne faisant qu'une correction de température limitée, ou même ne la faisant pas pour certains, il faut que le grain soit à la même température que l'appareil pour que la mesure soit correcte.*
- *en sortie de séchoir, si le grain est mal refroidi, il faut mettre l'échantillon dans un sac en jute devant l'ouïe d'aspiration d'un ventilateur pour le refroidir rapidement avant la mesure.*

De toute façon l'humidité mesurée sera plus faible que la réalité, l'appareil étant influencé par la périphérie du grain plus sec.

- *de même après une pluie, la mesure va être influencée par l'humidité superficielle du grain et la valeur sera erronée par excès.*
- *ne jamais garder l'appareil en permanence sur la moissonneuse-batteuse, à cause des vibrations qui peuvent l'endommager.*
- *pour avoir une idée assez précise de la teneur en eau des grains, il est indispensable d'effectuer plusieurs prélèvements et plusieurs mesures et d'en faire la moyenne.*
- *bien respecter le mode opératoire préconisé par le fabricant.*

[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](#)

Nettoyage

- [1. Prénettoyeur par ventilation](#)
- [2. Prénettoyeur a tambour](#)
- [3. Prénettoyeur circulaire à turbine](#)
- [4. Nettoyeur a tambour](#)
- [5. Nettoyeur-séparateur](#)

Il est indispensable de bien nettoyer le grain provenant de la moissonneuse-batteuse, que ce soit pour le livrer directement à l'organisme stockeur, pour le sécher et pour le conserver.

Dans le cas des céréales à paille, cette opération a pour but d'enlever les « verdillons » et autres déchets (balles, paille, etc..) qui nuisent à leur bonne conservation, tout en permettant d'obtenir une meilleure présentation et un poids spécifique plus élevé. Pour le maïs et les oléagineux le prénettoyage permet d'éliminer toutes les parties humides souvent de grosses dimensions (morceaux de tige, rafles, siliques, etc..) avant le passage au séchoir. On réduit ainsi considérablement les risques de bourrages, donc d'incendies, et dans le même temps on diminue le coût du séchage en retirant les déchets plus humides que le grain.

Pour ces opérations il existe un certain nombre d'appareils qui vont du simple prénettoyeur par ventilation du flux de grain au nettoyeur-séparateur travaillant « façon semences ».

Les équipements actuellement disponibles sont les suivants

- **prénettoyeur-épurateur avec ventilation du flux de grain pour un nettoyage sommaire (enlèvement des parties légères).**
- **épurateur ou émotteur à tambour pour un prénettoyage des grains avant séchage éliminant les particules légères et les grosses impuretés humides.**
- **prénettoyeur circulaire ou à turbine, éliminant les particules légères (balles, paille, follicules de maïs), efficace sur grains secs.**
- **nettoyeur-calibreur à tambour rotatif pour le prénettoyage du maïs humide et le nettoyage-calibrage des céréales à paille et des oléagineux.**
- **nettoyeur-séparateur à grilles inclinées pour un nettoyage assez poussé de tous les grains, ainsi que leur calibrage.**

1. Prénettoyeur par ventilation

Il s'agit d'un appareil qui effectue seulement le tri du grain et des particules légères ou sèches et volumineuses par ventilation. Le flux de grain traverse une chambre équipée de chicanes. Un courant d'air d'un débit réglable la traverse et fluidise l'ensemble du produit en évacuant les déchets légers et en laissant passer le grain.

Cet appareil ne fonctionne de façon efficace que sur grain sec et n'effectue qu'un nettoyage sommaire. De faible encombrement et d'un poids réduit, il s'adapte assez facilement sur tout circuit de manutention. Ce matériel est très robuste, mis à part le ventilateur, aucune pièce n'est en mouvement. La puissance nécessaire est faible puisqu'il faut environ 1 ch pour un débit de 150 quintaux/heure. L'entretien se limite au nettoyage des parties obliques où peuvent s'accumuler des déchets humides. Il faut adapter le débit d'air à chaque espèce traitée de façon à éviter l'entraînement du grain dans les impuretés (ou l'inverse).

[Principe d'un prénettoyeur par ventilation type PMP \(Doc. Lorin\).](#)

2. Prénettoyeur a tambour

Cet appareil est aussi appelé épurateur ou émotteur à tambour rotatif.

Le grain non nettoyé tombe sur un crible rotatif et le traverse. Les grosses impuretés ne passant pas au travers de ce crible sont éliminées. Le grain ayant traversé le tambour est soumis à un courant d'air qui entraîne les particules légères et les fines brisures.

Le crible est dégommé en permanence par une brosse ou par des boules de caoutchouc enfermées dans le tambour. Sur certains modèles le crible rotatif est en même temps soumis à des secousses rapides et de faible amplitude.

Ce matériel peut travailler sur tous les grains: en nettoyage de céréales à paille, mais surtout en prénettoyage de maïs humide et d'oléagineux avant séchage. Il faut alors savoir que le débit annoncé pour des céréales à paille chute de 30 à 40 %. En fin de campagne de séchage, il faut nettoyer manuellement le crible et graisser tous les

paliers.

La puissance nécessaire à ce type de matériel est très variable suivant les constructeurs puisque pour 1 ch les débits vont de 100 à 500 quintaux/heure.

[Principe d'unépurateur émotteur rotatif type Criblema 1600 \(Doc. Morilon\)](#)

3. Prénettoyeur circulaire à turbine

Dans ce type d'appareil le grain est amené soit par le dessus soit sur le côté de l'appareil et tombe sur un cône de répartition réglable qui le distribue d'une manière uniforme sur le pourtour de l'appareil.

L'aspiration d'air réglable enlève les déchets (balles, paille, poussière, pellicules roses du maïs, etc..) et les fines brisures, qui sont évacués vers l'extérieur ou qui passent dans un cyclone pour être récupérés en sac.

Ce matériel travaille avec une efficacité maximale sur les grains secs. Son faible encombrement permet une adaptation assez facile dans des circuits de manutention déjà existants.

La puissance demandée par cet appareil est réduite; de l'ordre de 1 ch pour un débit de 80 à 100 quintaux/heure. L'entretien de ce matériel est minime puisque la partie mécanique se limite à la turbine et donc un nettoyage manuel des parties coniques suffit à assurer un bon fonctionnement.

[Principe d'un nettoyeur à turbine type DA 67 \(Doc. Daguet\).](#)

4. Nettoyeur a tambour

Ce matériel de nettoyage est aussi appelé nettoyeur-calibreur car il peut être utilisé pour calibrer les céréales, il suffit pour cela de jouer sur les dimensions des perforations du crible rotatif.

Le nettoyage du grain s'effectue en deux temps, tout d'abord par aspiration et ensuite par criblage. Avant son introduction dans le tambour, le grain est soumis à un courant d'air qui élimine les produits mi-lourds. Ensuite il descend le long du crible rotatif incliné. Les petites impuretés sont séparées en premier, puis vient le grain propre et en fin de tambour les gros déchets sont évacués. Le dégommeage des grilles est assuré soit par un rouleau caoutchouc parallèle au crible et roulant sur ce dernier, soit par un jeu de brosses. Ces grilles sont amovibles et interchangeables, ce qui permet le nettoyage ou le calibrage de tous les grains.

L'essentiel de l'entretien du matériel consiste en un nettoyage régulier des grilles amovibles du crible (au moins une fois à chaque changement de céréales) et un graissage des paliers des différents axes s'il y a lieu (se référer aux préconisations du constructeur).

Lorsque l'on utilise l'appareil en nettoyeur classique, il faut une puissance de 1 ch pour un débit de 70 quintaux/heure. Par contre si l'on veut effectuer un calibrage d'orge, il faut diminuer le débit de 70 à 80 % pour obtenir un résultat correct. A l'inverse pour un prénettoyage rapide, en n'utilisant que la partie nettoyage par aspiration de l'appareil, on augmente le débit de 60 à 70 %.

[Principe d'un nettoyeur-calibreur Marot, Type EAC 600 \(Doc. Law\).](#)

Toujours sur ce principe de nettoyage par crible rotatif il existe un matériel original dans lequel les tamis cylindriques ont un axe de rotation vertical, il s'agit du nettoyeur-séparateur à tambours planétaires.

[Principe d'un nettoyeur-séparateur à tambours planétaires type SIGMA TS 10 \(Doc. Damas\)](#)

- grain brut
- répartition de grain
- tambour
- axe de rotation d'un tambour
- axe de rotation de la machine

- **goulottes périphériques annulaires**
- **sorties des différentes fractions**
- **aspirateur**
- **impuretés légères**
- **grain nettoyé**

Un distributeur répartit les grains à nettoyer dans les tambours, chaque tambour est constitué de 2 tamis cylindriques. Ces tamis sont animés d'un mouvement planétaire, c'est-à-dire tournant autour de leur propre axe de rotation en même temps qu'ils tournent autour de l'axe de la machine.

La force centrifuge projette les grains contre les tamis. Les grosses impuretés sont éliminées et récupérées à la base du cylindre. Seuls les grains et les petites particules passent au travers du premier tamis. Le second ne laisse passer que les petites impuretés. Les grains prénettoyés se trouvent donc entre les deux cylindres. Les trois produits sont récupérés dans trois goulottes annulaires. Les déchets sont alors refoulés vers les sorties. Les grains sont envoyés vers l'aspirateur cylindrique qui permet d'enlever les impuretés légères.

Le dégommage des tamis est assuré par un jeu de brosses situées au centre de l'appareil.

Variation du débit de grain d'un nettoyeur-calibreur à tambour en fonction de son utilisation.

MODE D'UTILISATION	DEBIT DE GRAIN (QUINTAUX/HEURE)	
	CEREALES A PAILLE SECHES	MAIS HUMIDE
PRENETTOYAGE	110 à 120	35
NETTOYAGE	70	50
CALIBRAGE	15 à 20	-

5. Nettoyeur-séparateur

C'est l'appareil qui effectue le nettoyage le plus poussé des céréales, à faible débit il peut réaliser un travail type « semences ».

Les grains sont introduits dans l'appareil par une trémie d'alimentation. Une vanne à contrepoids ainsi qu'un rouleau cannelé assurent une nappe régulière du grain et une distribution sur toute la largeur de la grille. Les grains passent alors dans un courant d'air et tombent sur la grille supérieure. Celle-ci arrête les grosses impuretés (cailloux, épis, spathes, tiges, etc..) qui sont évacuées sur le côté. Au passage dans le courant d'air une grande partie des déchets est éliminée, ces derniers sont récupérés dans une chambre de détente puis sont évacués par une vis ou un rouleau à palettes. Le dégommage de cette première grille est assuré par des boules en caoutchouc, des marteaux ou des brosses.

Les grains ayant traversé cette grille tombent sur une deuxième, à perforations plus fines, qui élimine les petites impuretés (brisures, terre, graines étrangères, etc.). Le dégommage de cette seconde grille est généralement assuré par un jeu de brosses en nylon. Les deux grilles sont soumises à des secousses rapides et de faible amplitude. Avant sa sortie de l'appareil, le bon grain subit un ultime nettoyage par aspiration des fines particules restantes.

Le nettoyeur-séparateur utilisé en nettoyage classique demande une puissance de 1 ch pour un débit de 110 quintaux/heure en céréales à paille.

En nettoyage type « semences » le débit baisse de 70 à 80 % environ. Lorsqu'il est utilisé comme prénettoyeur de maïs humide avant séchage le débit chute d'au moins 50 % et il faut surveiller très attentivement les grilles qui ont tendance à se colmater très rapidement.

Il faut choisir judicieusement l'emplacement d'un tel appareil en tenant compte des importantes vibrations qu'il provoque, il doit être impérativement fixé sur un support rigide pour garder son efficacité. L'entretien se limite à

la vérification de l'état des grilles (propreté et usure), au bon fonctionnement du dégommage (usure des brosses) et au graissage des différents roulements.

[Principe d'un nettoyeur-séparateur type D 200 \(Doc. Denis\).](#)

[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](#)

Manutention

[1. Gravite \(Chute libre\)](#)

[2. Vis](#)

[3. Élévateur a godets](#)

[4. Convoyeur a bande](#)

[5. Transporteur a chaîne](#)

[6. Transport pneumatique](#)

Pour la manutention des grains en vrac, il existe plusieurs systèmes dont le choix dépend du plan de transport (vertical, horizontal ou oblique), du débit et de la polyvalence de l'installation. Dans tous les cas il est important que le système retenu respecte au maximum l'intégrité physique du grain. Pour tous ces équipements, les matériaux utilisés évoluent et de nouveaux apparaissent: aciers peints, aciers dégraissés peints avec passage au

four, acier laqué, acier galvanisé, acier zingué, inox et même PVC pour certains éléments. La durée de vie du matériel de manutention dépend des quantités de grain véhiculé, mais aussi de la protection contre la rouille choisie par les fabricants. Dans tous les cas, les traces de rouille doivent être neutralisées rapidement, surtout si le matériel fonctionne en extérieur aux intempéries. Pour un bon fonctionnement du chantier de récolte, il faut prévoir un débit de manutention supérieur de 1,5 fois celui de la moissonneuse-batteuse.

1. Gravite (Chute libre)

Principe:

Le grain en masse est un matériau granuleux qui se comporte comme un liquide. Sous l'action de la pesanteur il chute verticalement s'il n'est pas retenu à la partie basse. Il peut aussi glisser sur des parois obliques si elles ont un angle de 30° par rapport à l'horizontale quand il est sec et de 45° s'il est humide.

Avantages:

C'est le procédé de manutention le plus simple et le plus économique qu'il faut exploiter chaque fois que cela est possible dans un circuit de manutention.

Inconvénients:

Lors du remplissage des cellules le grain subit un choc lors de l'impact sur la paroi verticale ou sur le fond. Si le grain est très sec ou s'il a été maltraité au cours du séchage, le taux de grains cassés augmente avec la formation de « fines » (poussières de farine); ceci est néfaste à une bonne conservation des grains. De même lors du remplissage d'une cellule lorsque l'arrivée du grain s'effectue toujours à partir du même point, il se produit « un cône de remplissage »: c'est une zone où le grain est plus tassé et plus concentré en brisures que le restant de la cellule, et donc la ventilation sera peu efficace, créant ainsi un lieu à risque d'échauffement du grain. Des

systèmes simples permettent de réduire ces inconvénients, il s'agit d'une simple tôle fixée au bout du tube de descente du grain qui éclate le flux de grain, ou bien d'un cône pointe en haut placé dans le flot de grain qui éparpille le produit.

[Remplissage par un tube incliné](#)

[Remplissage par un tube vertical](#)

2. Vis

Vis d'archimède (vis sans fin)

Principe:

Les vis d'Archimède sont des vis de manutention qui utilisent un filet hélicoïdal en rotation sur lui-même. Il en existe plusieurs sortes: vis sous tube, vis en auge (forme U), vis à pas variable (extraction de cellule).

Vis sous tube

Avantages:

La vis sous tube simple est très robuste. Elle peut rendre de multiples services du fait de sa mobilité et de son utilisation sous différents angles. Cet appareil est d'un encombrement réduit, d'un montage facile; son fonctionnement est relativement silencieux lorsqu'il est en charge. C'est un équipement idéal pour les courtes distances, qui s'insère bien dans un circuit déjà existant.

Inconvénients:

Ce matériel travaille assez mal avec du grain humide (écrasement du grain, bourrages). De même il faut éviter de manutentionner des gros grains comme le maïs, mais plus encore les pois, car la casse peut être importante si ces grains sont très secs. La vidange intégrale est difficile à obtenir donc ce matériel est à proscrire pour la manutention des semences, lorsque l'on a besoin d'isoler parfaitement les lots.

Le débit d'une vis sous tube varie en fonction de plusieurs facteurs:

- **l'humidité et la nature du grain; le débit horaire est souvent donné pour du blé à 15 % d'humidité et un poids spécifique de 750 kg/m³.**

Dans le cas du maïs sec la baisse de débit est de l'ordre de 15 %, par rapport au blé, mais peut aller jusqu'à 40 % avec du maïs humide.

D'autre part, la vis doit avoir un diamètre minimum de 125 mm pour manutentionner du maïs ou du pois.

- **le diamètre de la vis: le débit de grain varie proportionnellement au diamètre de la vis (voir tableau ci-contre).**
- **l'inclinaison de la vis: en position horizontale, la vis a son débit maximum, lorsqu'elle fonctionne à la verticale il n'est plus que de 30 %. La puissance nécessaire à l'entraînement d'une vis sous tube croit de façon proportionnelle au débit de grain, à sa longueur et à son inclinaison.**

DÉBIT D'UNE VIS SOUS TUBE INCLINÉE A 45° EN FONCTION DE SON DIAMÈTRE.

DIAMETRE (mm)	DEBIT (q/heure)
100	70

125	140
160	200
240	500

[Vis sous tube et son chariot \(Doc. Denis\).](#)

[Puissance nécessaire a l'entrainement d'une vis sous tube en fonction du débit de grain et de la longueur. Vis horizontale.](#)

[Puissance nécessaire a l'entrainement d'une vis sous tube en fonction du débit de grain et de la longueur. Vis inclinée a 45°.](#)

[Influence de l'inclinaison d'une vis sous tube 100 mm de diamètre sur son débit.](#)

Vis en auge

Contrairement à la vis sous tube, elle est généralement fixe. A débit identique elle est d'un encombrement plus important et d'un prix plus élevé que la vis sous tube. Elle en possède sensiblement les mêmes avantages et inconvénients, toutefois elle ne supporte qu'une très faible inclinaison.

Entretien:

Les vis sont généralement entrainées par des ensembles moteur électrique plus poulies - courroies, il faut vérifier régulièrement l'état de ces courroies et leur tension.

Remarque:

De nombreux accessoires peuvent être adaptés sur les vis:

- **la grille de protection de pied: elle est indispensable, lorsque l'on utilise une vis élévatrice sous tube pour vider une cellule ou reprendre un tas de grain (sécurité du personnel et du matériel).**
- **trépied de hauteur réglable, chariot mobile sur roues: ces 2 matériels permettant d'utiliser les vis à des inclinaisons variables et des endroits différents.**

Sur les vis de grande longueur, il existe des paliers intermédiaires tous les 2 mètres, il faut les graisser régulièrement et vérifier les roulements au moindre bruit suspect.

Il est bon de posséder quelques pièces en stock (courroies, moteur, etc..) pour limiter au maximum la durée d'une panne mécanique pendant la moisson.

[Puissance nécessaire à l'entraînement d'une vis en auge en fonction du débit de grain et de sa longueur.](#)

Vis pour vidange intégrale d'une cellule ronde

Il existe une vis nue qui se place dans la cellule, en fin de la vidange naturelle du grain, au niveau du boîtier central de reprise. Dès le démarrage, la vis s'enfonce dans le grain en ramenant celui-ci au centre de la cellule. Puis au fur et à mesure de la vidange, la vis progresse tout en déblayant le grain qui s'éboule. Lorsque la vis a effectué un tour complet, la cellule est entièrement vide.

Avantages:

Ce système permet la vidange, intégrale des cellules rondes, seul un dernier coup de balai est nécessaire pour qu'il ne reste plus un grain. Il évite d'avoir à creuser un cône de vidange dans le sol pour y loger le pied d'une vis de reprise.

Inconvénients:

Il est impératif d'équiper les cellules d'un faux-fond perforé pour la ventilation, afin de loger la vis de reprise du grain, cela entraîne une baisse de la capacité des cellules et une augmentation du coût de l'installation.

[Vis mobile pour vidange intégrale de cellule \(Doc. Denis\). Position de la vis avant mise en route.](#)

3. Elévateur a godets

Principe:

Il est composé d'une courroie de tissu nylon recouverte de caoutchouc, sur laquelle sont fixés des godets, et qui tourne entre deux poulies dans deux conduits métalliques.

[Elévateur à godets \(Doc. Denis\).](#)

[Courroie avec godets « sans fond » Law.](#)

[Différents types de godets. Type Godex. \(Doc. Trippette et Renaud\).](#)

[Différents types de godets. Type Sprint \(Doc. Trippette et Renaud\).](#)

[Différents types de godets. Godet en polyéthylène. \(Doc. Trippette et Renaud\).](#)

[Différents types de godets. Godet Starea en tôle. \(Doc. Trippette et Renaud\).](#)

Il sert à élever verticalement le grain, il est obligatoirement fixe.

L'alimentation de l'appareil peut s'effectuer de 2 façons:

- **par la jambe descendante: les godets plongent dans la masse de grain contenu dans le pied de l'élévateur. Ce**

principe est le plus utilisé, il présente l'avantage de permettre un remplissage complet des godets, mais peut faire augmenter le taux de brisures lorsque l'on manutentionne un produit fragile.

Alimentation en grain d'un élévateur. Sur la jambe descendante

- par la jambe montante: les godets sont chargés lorsqu'il se présentent devant le gousset d'entrée, mais dans ce cas il sont moins bien remplis.

Alimentation en grain d'un élévateur. Sur la jambe montante.

Il existe maintenant des modèles qui peuvent être alimentés indifféremment sur l'une ou l'autre jambe.

Avantages:

C'est un appareil d'un encombrement réduit et d'un montage facile il est constitué d'éléments démontables et interchangeables, de ce fait sa longueur peut être facilement modifiée.

Ce matériel spécialisé dans le transport vertical est peu exigeant en énergie, il demande 2 à 2,5 fois moins de puissance qu'une vis élévatrice de débit équivalent.

Il peut transporter le grain à des hauteurs très importantes (plusieurs dizaines de mètres).

Inconvénients:

Pour des produits fragiles, tels que pois ou semences, il faut diminuer les vitesses de rotation des élévateurs pour limiter la casse au maximum.

C'est un matériel assez coûteux dont le prix est encore augmenté lorsqu'il faut prévoir un puits dans le sol pour

loger le pied en cas de reprise du grain dans une fosse de réception.

A partir de la même carcasse il est possible de doubler le débit d'un élévateur en changeant le type ou la disposition des godets et la tête de distribution. Les godets en tôle ou en polyéthylène peuvent alors être du type « sans fond », « doubles » ou « starco »; la tête d'élévateur doit avoir un profil étudié pour permettre l'évacuation d'une quantité de grain plus importante. Attention lorsque l'on augmente le débit il faut augmenter la puissance du moteur au moins dans la même proportion.

Réglages et entretien:

Il faut vérifier régulièrement la tension de la bande, et la retendre dès que l'on entend le frottement ou le choc d'un godet sur la paroi, afin d'éviter son arrachement ou la production d'étincelles qui peuvent être génératrices d'explosions ou d'incendies. Le graissage régulier des paliers des poulies hautes et basses d'un élévateur augmente leur longévité.

Si le débit d'un élévateur diminue de façon significative vérifier la tension des courroies d'entraînement moteur et l'état de propreté des godets.

Lorsqu'un élévateur a véhiculé du maïs humide, il est conseillé de nettoyer les godets et de faire circuler une céréale sèche afin d'assécher le circuit.

Un jeu de courroies, des godets et leurs boulons en stock sont une bonne précaution pour éviter des arrêts importants lors de pannes en cours de moisson.

La vitesse linéaire de sangle la plus couramment utilisée est de 2,5 m/s avec 1,5 m/s minimum et 3,50 m/s maximum.

[Entraînement moteur par poulies courroies d'un élévateur à godets \(Doc. Denis\).](#)

[Puissance nécessaire à l'entraînement d'un élévateur à godets en fonction de son débit et de sa hauteur.](#)

4. Convoyeur a bande

Principe:

Il est aussi appelé transporteur à bande ou bande transporteuse. Ce matériel est composé d'une bande caoutchouc extrêmement résistante, circulant sur des rouleaux positionnés en V et montés sur roulements à billes étanches.

L'alimentation s'effectue par une trémie mobile, centrant le grain sur la bande. Le grain est évacué soit par une sortie en bout, soit par un chariot déverseur mobile. Celui-ci, d'une forme très étudiée, permet de diriger le flot de grain d'un côté ou de l'autre de l'appareil, quelque soit son emplacement sur la bande. Il peut être déplacé électriquement ou à l'aide d'un système de câblerie à partir du sol.

La vitesse de la bande est de l'ordre de 1,5 m/s (0,5 m/s minimum à 2,5 m/s maximum).

[Puissance nécessaire a l'entraînement d'unconvoyeur a bande en fonction du débit de grain et de la longueur.](#)

[Coupe d'un convoyeur à bande sous tube \(Doc. Lerebourg\).](#)

Avantages:

C'est un appareil très doux, qualité très estimée lorsque les produits à transporter sont fragiles (pois, semences). Sa vidange rapide et intégrale est très appréciée par les agriculteurs multiplicateurs de semences.

La puissance nécessaire est faible par rapport au débit et à la longueur (environ 1 ch pour transporter 300 q/h à 20 mètres). Le niveau sonore atteint est très faible lorsque le matériel est en bon état.

Le convoyeur à bande peut facilement fonctionner dans les deux sens lorsqu'il est utilisé en vidange de cellules et que les sorties sont en bout.

Inconvénients:

L'encombrement important du chariot verseur peut rendre ce système de manutention difficile à installer dans certaines charpentes. Cet appareil émet plus de poussières qu'un transporteur à chaîne ou une vis en auge.

Entretien:

Il faut vérifier la tension et le centrage de la bande, cette opération se réalise à partir d'un jeu de vis fixées sur le tambour de bout de bande pour les longueurs inférieures à 25 m et par un système à contrepoids situé au milieu ou en bout de bande, pour les longueurs supérieures.

Lorsqu'un rouleau support « grince » il faut le graisser si cela est possible, sinon changer le palier défectueux ou le rouleau complet: à la longue il peut coincer et user anormalement la bande par frottements. Il est conseillé de faire fonctionner la bande de temps en temps pour éviter qu'elle ne prenne une mauvaise forme et ne se fendille lors d'une remise en route.

Remarques:

Il existe des convoyeurs fixes ou mobiles à bande, à bords, à barettes ou à chevrons qui permettent de manutentionner du grain sur des pentes allant jusqu'à 75° par rapport à l'horizontale, Une variante de ces matériels est le convoyeur à bande sous tube. Il conserve les avantages des transporteurs à bande en supprimant l'émission des poussières.

5. Transporteur a chaîne

Principe:

C'est un appareil de manutention constitué par une chaîne sans fin, munie de barrettes transversales, circulant lentement dans un coffre de section rectangulaire et entraînant le grain en masse compacte vers les sorties.

Dans le transporteur à chaîne simple auge l'alimentation peut s'effectuer sur le dessus ou latéralement à l'appareil alors que dans celui à double auge elle se fait exclusivement par le dessus.

[Puissance nécessaire a l'entraînement d'un transporteur a chaîne en fonction du débit de grain et de la longueur.](#)

[Encombres comparés de 3 appareils de manutention de même débit.](#)

Avantages:

La faible section est le principal avantage du transporteur à chaîne. A débit égal, il a une section 7 fois moins importante qu'un transporteur à bande et 2 fois moins qu'une vis. Comme la vis, il peut être utilisé en position inclinée grâce à l'utilisation de barrettes adaptées. Il n'émet pas de poussière et ne provoque pas de casse du grain. De par sa conception, sa structure métallique le rend auto-porteur. Il reste toujours propre grâce à sa vidange intégrale.

Inconvénients:

La puissance nécessaire pour transporter 300 q/h à 20 mètres est de 2 ch; soit le double de celle d'un convoyeur à bande. Ce matériel est assez bruyant surtout lorsqu'il n'est pas alimenté de façon correcte.

Entretien:

Il faut vérifier régulièrement l'état de la chaîne, car les axes des maillons sont soumis à des efforts importants; les

maillons et les barettes s'usent par frottements sur le fond de l'auge.

L'entraînement de la chaîne est généralement assuré par un groupe motoréducteur, il faut vérifier le niveau d'huile et reconstituer si nécessaire avec de l'huile préconisée par le constructeur.

Remarque:

Un constructeur propose un transporteur à câbles dans lequel le transport des grains est assuré par des palettes en bois fixées sur 2 câbles en acier. Ce matériel est moins lourd et moins bruyant qu'un transporteur classique, il consomme également 2 fois moins d'énergie, mais il est peut être moins robuste.

[Transporteur à câbles \(Doc. Geoffroy\).](#)

6. Transport pneumatique

Dans les cas difficiles, où il n'y a pas d'accès et pas de possibilité d'écoulement gravitaire du grain, ni de mise en place de moyens de manutention classiques, il reste le recours au matériel pneumatique. Il s'agit d'une soufflerie servant à aspirer le grain et à le refouler par l'intermédiaire de tuyauteries. Le débit d'un appareil pneumatique diminue d'un tiers lorsqu'il fonctionne à 45° par rapport à l'horizontale et de deux tiers lorsqu'il aspire ou refoule à la verticale. Pour un type d'appareil donné, lorsque ce dernier fonctionne à l'horizontale, son débit baisse de 15 % quand on double la longueur du circuit.

Avantages:

Ce matériel est en général déplaçable surtout lorsqu'il est fixé sur l'attelage 3 points d'un tracteur et peut être utilisé en différents endroits d'une installation. Il permet de vider une cellule difficilement accessible par la manutention classique. Il peut être actionné par un moteur électrique ou par la prise de force d'un tracteur. Il peut dans ce dernier cas être utilisé dans des hangars dépourvus d'alimentation électrique de forte puissance.

Inconvénients:

A débit et à longueur identiques, la consommation électrique est beaucoup plus importante que celle d'un système mécanique classique. A l'horizontale et à débit identique il consomme 4 fois plus qu'une vis sous tube. Ce type de manutention est assez traumatisant pour les grains aussi n'est-il pas recommandé pour les gros grains (maïs, pois, soja, etc..).

[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](#)

Séchage

[1. Principes généraux](#)

[2. Les principaux paramètres d'un séchoir](#)

[3. Les différents types de séchoirs](#)

[4. Utilisation des séchoirs](#)

[5. Séchage à basse température](#)

[6. Le crib a maïs](#)

[7. Cellule sécheuse à épis](#)

Au-dessus d'une certaine teneur en eau, les céréales, les oléagineux et les protéagineux doivent être séchés sous

peine de se dégrader très rapidement.

Tout grain récolté humide doit passer au séchoir. Ce dernier constitue un équipement généralisé dans les installations d'organismes stockeurs. Il peut constituer un équipement individuel dans les installations de stockage des exploitations céréalières.

Pour le maïs et le sorgho la quantité d'eau à évacuer représente entre le tiers et le quart de la masse de produit sec. Pour les céréales à paille (blé tendre, blé dur, orge), les oléagineux (colza, tournesol), récoltés occasionnellement humides, la masse d'eau à évaporer est beaucoup plus faible.

[Représentation schématique du mode de fixation de l'eau dans le grain: indication approximative des limites entre les différents types d'eau pour du maïs à 15 °C.](#)

1. Principes généraux

Lorsque la masse de grain humide est introduite dans le séchoir, elle est soumise à l'action d'un courant d'air chaud. La température de chaque grain va augmenter jusqu'à la température de vaporisation de l'eau. Après évaporation de l'eau superficielle, cette température continue à augmenter au fur et à mesure que l'eau s'évapore.

C'est donc dans un premier temps la zone périphérique du grain qui est séchée, puis elle est traversée par l'eau située de plus en plus près du centre du grain. Lorsque le grain sort du séchoir il contient encore de l'eau; mais il y a un gradient d'humidité qui va du plus sec au plus humide de l'extérieur vers le centre du grain.

L'eau est présente sous 2 formes dans le grain:

- **l'eau libre: qui s'évapore très facilement sous l'action de la chaleur, jusqu'à 27 % pour le maïs, et qui nécessite relativement peu d'énergie pour son évaporation.**

- l'eau liée que l'on peut décomposer en 2 parties:
 - une partie faiblement liée qui s'évapore aussi sous l'action de la chaleur, mais plus difficilement que l'eau libre, de 27 à 13 % pour le maïs. Cette limite marque le seuil de stabilisation des grains.
 - une autre partie très liée chimiquement aux constituants du grain (au-dessous du seuil de stabilisation), qui nécessite une énergie très importante pour son évaporation.

Exemple: un séchoir d'une puissance évaporatoire de 1000 kg d'eau/h sèche du maïs de 35 à 15 %:

- quantité d'eau évaporée par quintal séché:

$$\Delta e_f = 100 \times \frac{35 - 15}{100 - 35} = 30,77$$

kg d'eau soit un débit en grain sec de: 1 000: 30,77 = 32,5 q/h

On a vu plus haut que pour avoir 1 quintal sec à 15%, il fallait introduire 1,3077 q de grain humide à 35 % donc un débit de 32,5 q secs/h correspond à un débit de 32,5 x 1,3077 = 42,5 q humides/h.

2. Les principaux paramètres d'un séchoir

Puissance ou pouvoir d'évaporation:

C'est une caractéristique fondamentale d'un séchoir fonctionnant dans des conditions bien déterminées de débit d'air, de température d'air chaud, de température ambiante, de nature de grain traité et d'humidité initiale et finale du grain.

Elle s'exprime en kilogrammes d'eau évaporée par heure. A partir de cette valeur et en fonction des humidités initiale et finale du grain, il est très facile de calculer les débits de grain sec et de grain humide du séchoir (voir exemple ci-contre).

Puissance thermique:

C'est la quantité de chaleur fournie par heure. Elle s'exprime en kilocalorie/h (kcal/h) ou en millithermie/h (mth/h).

Quelques formules utiles:

$$\Delta_{ei} = 100 \times \frac{H_i - H_f}{100 - H_f}$$

$$\Delta_{ef} = 100 \times \frac{H_i - H_f}{100 - H_i}$$

$$P_f = 100 \times \frac{100 - H_i}{100 - H_f}$$

Hi: Humidité initiale

Hf: Humidité finale

Δ_{ei} : Poids d'eau à enlever à 100 kg de grain humide

Δ_{ef} : Poids d'eau enlever à 100 kg de grain séché

Pi: Poids initial avant séchage

Pf: Poids final après séchage

LES PERTES D'EAU AU SECHAGE

Considérons 100 kg de produit humide à 35 % d'humidité. Ce produit se compose de:

$$\frac{100 \times 35}{100} = 35 \text{ kg d'eau}$$

et de $100 - 35 = 65$ kg de matière sèche.

Séchons ces 100 kg de produit humide afin d'obtenir un produit à 15 %.

Nous supposons que le séchage conserve intégralement la matière sèche initiale, et que la perte de poids subit par le produit est due uniquement à l'évaporation de l'eau.

Dans le produit à 15 %, la matière sèche (65 kg) représentera 85 % du poids:

- donc 1 % représentera 85 fois moins,
- et 100 % (c'est-à-dire le poids total du produit) 100 fois plus.

Nous obtenons donc la règle de trois suivante:

(Poids du produit à 15 % d'humidité en partant de 100 kg à 35%)

$$\frac{65 \times 100}{85} = 76,47 \text{ kg}$$

Comme nous avons supposé la conservation intégrale de la matière sèche, nous avons l'égalité suivante:

$$100 - 76,47 = 23,53 \text{ kg d'eau évaporée}$$

(Poids à 35 d'humidité - Poids à 15 % d'humidité = Poids de l'eau retirée).

Dans le raisonnement qui précède, nous sommes partis d'un produit à 35 % d'humidité pour arriver à un produit à 15 %, le nombre de points d'humidité retirés au produit est donc de $35 - 15 = 20$ points.

En conséquence, la perte d'eau moyenne par quintal humide séché jusqu'à 15 %, et par point est de

$$\frac{23,53}{20} = 1,1765 \quad \text{kg d'eau par point}$$

C'est ce qu'on appelle la valeur moyenne du point, qui dans la pratique est arrondie à 1,2. Considérons maintenant non pas 100 kg de produit humide, mais 100 kg de produit sec à 15 %.

Quel est le poids du produit à 35 % dont il provient ?

Dans les 100 kg de produit sec à 15 % d'humidité, il y a 85 kg de matière sèche. Dans le produit humide à 35 % ces 85 kg représentent 65 % du poids.

- 1 % représentent 65 fois moins.
- 100 %: 100 fois plus.

$$\frac{85 \times 100}{65} = 130,77 \quad \text{kg de produit à 35 \% d'humidité, c'est de ce poids que proviennent les 100 kg de produit à 15 \%}$$

[Les pertes d'eau au séchage](#)

Rendement thermique:

C'est le rapport en pourcentage de la puissance récupérée sur la puissance fournie.

Pouvoir calorifique du combustible:

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) d'un combustible est la quantité de calories réellement utilisables par unité de poids ou de volume. il ne faut pas confondre avec le pouvoir calorifique supérieur (PCS) qui donne la quantité brute de calories dégagées par la combustion. La différence entre les deux tient compte du fait qu'une partie des calories produites sert à évaporer l'eau provenant de la combustion et est donc perdue.

COMBUSTIBLE	POUVOIR CALORIFIQUE INFÉRIEUR		TENEUR MAXIMUM EN SOUFRE
	kcal/m ³	kcal/kg	mg/m ³
Fioul domestique	8 425 (kcal/l)	10 150	5 000 (mg/kg)
Propane	21 915	11 010	30
Butane	27 800	10 920	30
<i>Gaz naturels:</i>			
• Lacq	8 710	11 820	10
• Groningue	7 560	9 140	10
• Algérie	9 440	11 240	10

Débit spécifique ou débit de renouvellement:

C'est le volume d'air traversant un mètre cube de grain en une heure. Dans les séchoirs continus à canaux il est de l'ordre de 1500 à 2 000 m³ d'air/heure et par m³ de grain.

Consommation thermique spécifique:

Elle représente la quantité de chaleur à fournir pour évaporer 1 kg d'eau. C'est une valeur intéressante à connaître car elle est directement liée à la consommation de combustible. Il est de l'intérêt de l'utilisateur que cette grandeur soit aussi faible que possible.

Le constructeur doit la garantir ainsi que le pouvoir d'évaporation et le débit de grain sec pour des conditions bien définies (température d'air chaud et humidités du grain).

La consommation thermique spécifique, pour les séchoirs industriels récents, est de l'ordre. de 820 à 850 kcal/kg d'eau évaporée alors que pour la plupart des séchoirs fermiers elle varie de 900 kcal/kg d'eau évaporée pour les plus récents à 1 200 kcal/kg voire plus pour des matériels anciens.

***Remarque:* On exprime souvent la puissance d'évaporation en points/heure. Cette unité représente le produit du débit de grain humide par le nombre de points de séchage effectués (voir exemple ci-contre).**

Exemple:

Pour les conditions citées plus haut - pouvoir d'évaporation 1 000 kg d'eau/heure un débit de 42,5 quintaux humides/heure, un séchage de 35 à 15 % soit 20 points d'humidité.

La puissance évaporatoire: $42,5 \times 20 = 850$ points/heure.

On peut retrouver la valeur du point en effectuant le rapport:

$$\frac{\text{Puissance évaporatoire (kg d'eau/h)}}{\text{Puissance évaporatoire (points/h)}}$$

Le rapport 1000: 850 = 1,177 kg d'eau par point.

1 millithermie = 1 kilocalorie

1 thermie = 1 000 kilocalories

SECHOIRS STATIQUES:

Valeurs du couple débit spécifique - température pour l'obtention en fin de séchage d'une hétérogénéité de 15 ± 3 % entre les couches extrêmes de grain dans un séchoir statique.

TEMPERATURE AIR CHAUD (°C)	DEBIT SPECIFIQUE (m³/h.m³ de grain)
45	2000
60	3000-3500
80	4000-4500
100	5000-6000

3. Les différents types de séchoirs

Dans leur ensemble les séchoirs de type fermier sont gros consommateurs d'énergie, soit parce que de conception ancienne, soit parce que trop petits pour prendre en compte les procédés économiseurs d'énergie mis au point et actuellement utilisés sur les gros matériels. On les classe en trois groupes selon leur mode de fonctionnement: statique, à recirculation du grain et continu.

Séchoirs statiques:

Dans un séchoir statique le grain est introduit dans l'appareil en début d'opération et n'est soumis à aucun

déplacement au cours du séchage, dans quelques cas il est animé par un mouvement de brassage. Le produit est soumis à une ventilation chaude puis à une ventilation froide. Le grain, qui reste en place, est parcouru par un front de séchage sous l'action de l'air chaud, ce dernier se déplace depuis la face d'entrée de l'air chaud jusqu'à la face de sortie de l'air usé. Tant que le front de séchage est dans la masse de grain, l'air sort saturé et les couches de grain situées au-delà de ce front ne sèchent pas, tandis que le grain situé avant sèche en permanence.

De ce fait il se produit une hétérogénéité d'humidité entre les couches extrêmes après séchage du lot. Cette hétérogénéité est fonction du couple débit spécifique-température d'air chaud. Dans la pratique les valeurs retenues sont 60 °C pour 3 000 m³/h associées à une épaisseur de la couche de grain de 50 cm. Cela correspond à un bon compromis entre les aspects qualitatif (hétérogénéité), quantitatif, (importance du lot) et économique du séchage (pertes de charge).

Dans l'ensemble, le rendement thermique est faible et la consommation thermique spécifique importante (1500 à 2 000 kcal/kg d'eau évaporée).

- séchoirs à cases rectangulaires inclinées.

Ces cases de fabrication artisanale sont en bois. Le faux fond doit avoir une inclinaison de 25 à 30 % pour retenir le grain humide et permettre un écoulement naturel du grain sec en fin de séchage. La hauteur maximale de la couche de grain doit être de 30 cm sous peine d'obtenir en fin de séchage, une forte hétérogénéité de l'humidité du grain entre le fond et la couche supérieure du tas. Le nivellement de cette couche est manuel.

- séchoirs à cases cylindriques.

Ce sont des matériels destinés à des quantités annuelles séchées plus importantes. Le remplissage et la vidange s'effectuent mécaniquement par 1 ou 2 vis. Les vis de vidange servent également à niveler le dessus du tas en fin de remplissage.

Ces séchoirs permettent, selon les modèles, de traiter 50 à 400 quintaux de maïs humide par jour pour un séchage de 35 à 15 % et cela en 2 ou 3 cycles quotidiens % cycle = remplissage + séchage + refroidissement + vidange).

Séchoir statistique a case cylindrique (Doc. Bernard).

- **Cellules sécheuses à couche épaisse et brassage du grain (cellules « in bin drying »).**

Ce matériel se compose d'une cellule cylindrique standard en tôle ondulée galvanisée équipée d'un toit et d'un plancher perforé. On leur adjoint un système de brassage du grain et un générateur d'air chaud fournissant de l'air à 50-60 °C avec un débit spécifique de l'ordre de 140 m³/h par m³ de grain.

Le système de brassage se compose d'un arbre horizontal placé en haut et au centre de la cellule, animé d'un mouvement circulaire. Sur cet arbre sont installées une ou plusieurs vis verticales, animées de trois mouvements simultanés

- **mouvement de rotation de la vis sur elle-même**
- **mouvement horizontal: déplacement le long de l'arbre horizontal**
- **mouvement circulaire autour de la cellule (rotation complète).**

Au cours du séchage, le grain situé dans les couches basses de la cellule est ramené en surface par le système de vis verticales mobiles qui se déplacent en permanence dans la masse de grain. Le brassage doux et continu réduit fortement les hétérogénéités d'humidités. Ce système adapté au maïs présente des défauts pour les autres types de grain au niveau du brassage effectué par les vis qui ne sont plus adaptées.

Séchoirs a recirculation du grain:

Ces appareils travaillent sur des lots successifs. Le séchoir est rempli de grain humide qui est recyclé en permanence dans le séchoir. Il est évacué lorsqu'il est sec et refroidi, le séchoir est alors à nouveau rempli pour le cycle suivant.

On distingue deux types de séchoirs fonctionnant suivant ce principe:

- **séchoir mobile à recyclage parvis de brassage:**

Dans ces appareils une vis verticale centrale assure le remplissage puis le brassage du grain par remontée de bas en haut pendant toute la phase de séchage; en fin de cycle elle sert à la vidange. L'air chaud sous pression est injecté au centre du séchoir et traverse la couronne périphérique de grain. Le générateur d'air chaud fonctionne soit au gaz, soit au fioul domestique. Le ventilateur peut être entraîné par un moteur électrique ou par la prise de force d'un tracteur. La consommation spécifique est de l'ordre de 900 à 1 000 kcal/kg d'eau évaporée. Etant munis de roues, ce matériel est déplaçable et peut donc fonctionner en différents lieux au cours de la campagne.

- **séchoir à colonne à recirculation du grain:**

Il est généralement fixe, mais il existe des modèles munis de roues donc déplaçables. Dans ces séchoirs le grain descend dans une colonne centrale et l'air traverse la masse de grain en passant par des canaux de distribution et de reprise noyés dans la masse. Le grain effectue autant de passages dans la colonne qu'il est nécessaire pour qu'il soit sec, il est repris à la base du séchoir et est remonté en tête de colonne par un élévateur à godets.

Suivant les modèles, les débits s'échelonnent de 100 à 700 quintaux de maïs humide séché de 35 à 15 % en 24 heures soit 2 000 à 14 000 quintaux séchés en 20 jours.

Avec ce type de matériel à recirculation du grain, le taux de grains cassés augmente de 2 à 3 %, ce qui s'explique

par les nombreuses manutentions. La qualité du produit séché n'est pas toujours très bonne surtout à cause des températures de séchage élevées préconisées par les constructeurs.

Séchoirs continus:

Dans ce type de séchoir le séchage s'effectue en un seul passage, le grain entre humide en haut de la colonne et ressort sec et refroidi.

Dans cette catégorie on distingue trois types de séchoirs qui se différencient par le sens d'avancement du produit:

- **séchoirs continus à tablier horizontal:**

Ces séchoirs ne sont pratiquement plus fabriqués. Ils sont à tablier plat horizontal sur lequel le grain sèche en couche de 30 à 40 cm en étant brassé régulièrement par un agitateur à palettes. Le grain avance régulièrement sur le tablier et passe de la zone de séchage à la zone de refroidissement puis tombe dans le dispositif de reprise.

- **séchoirs continus à tablier incliné (type cascade):**

Sur ce type de séchoir, le tablier est incliné et se compose de lamelles qui se recouvrent à la façon de persiennes laissant passer l'air chaud. L'épaisseur de la couche de grain (15 à 20 cm) est réglée par des rouleaux. L'avancement du grain sur le tablier est assuré par un convoyeur à barrettes.

Il existe deux types de séchoirs à « cascade »:

- **séchoir à « cascades » à un seul passage de grain,**
- **séchoir « double flow », plus spécialement adapté au séchage du maïs. Le grain effectue un aller et**

retour, sur deux tabliers superposés, inclinés.

Ce système permet de mieux utiliser l'air chaud qui traverse 2 fois le grain et est de ce fait mieux saturé. Certains modèles peuvent être adaptés en version mobile. Leur conception leur permet une polyvalence dans les produits à sécher et notamment grains et fourrages. Dans ce dernier cas on les désigne sous le nom de déshydrateuse basse température.

- **séchoirs continus du type « séchoirs en cellules » : (« in bin dryer »)**

Ce procédé nouveau en FRANCE est largement utilisé aux Etats Unis. Il a été mis au point et expérimenté par l'ITCF et ENSAT (Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de Toulouse) pour les productions du Sud Ouest comme le tournesol, le soja, le sorgho et le maïs. Il est aussi parfaitement adapté pour les productions d'autres régions car ce système est très polyvalent. Les premiers matériels de ce type, de fabrication française, devraient être commercialisés en 1989.

Il s'agit d'une cellule équipée:

- **d'un faux fond perforé pour la diffusion de l'air,**
- **d'un générateur d'air chaud pouvant produire un air chaud de 40 à 80 °C suivant le produit à sécher,**
- **d'une vis extractrice qui permet la vidange du grain couche par couche à partir du fond,**
- **la hauteur maximale de grain doit être de 2 mètres,**
- **le débit spécifique d'air est de 300 m³/h par m³ de grain.**

Le principe de fonctionnement de ce séchoir en cellule est le suivant:

Lorsqu'une couche de grain d'environ 30 cm est sèche, la vis racleuse de vidange se met en

fonctionnement et l'on évacue la totalité de ce grain sec situé en fond de cellule. L'électroniveau enclanche alors automatiquement la manutention pour le remplissage de la cellule. Pour automatiser l'ensemble une simple minuterie réglant le temps de fonctionnement de la vis et sa fréquence de mise en route suffit.

Cette cellule qui sert de séchoir est bien entendu utilisée pour le stockage classique après la période de séchage.

- **séchoirs continus verticaux:**

Ce sont des séchoirs où le grain descend par gravité. Ils peuvent être installés en extérieur ou dans un bâtiment. Ils sont montés à partir d'éléments préfabriqués en usine et assemblés sur place.

Ils se composent tous:

- **d'une trémie réserve à la partie supérieure de la colonne qui sert de zone de préchauffage du grain. Elle est équipée de détecteurs de niveau qui assurent l'alimentation automatique du séchoir.**
- **d'une zone de séchage proprement dite, constituant l'élément principal de la tour de séchage,**
- **d'une zone de refroidissement réglable en volume et pouvant même être supprimée, dans le cas du séchage avec « dryeration », par le jeu de l'ouverture ou de la fermeture de volets.**
- **d'un système d'extraction du grain sec dont la périodicité et la durée de fonctionnement sont réglées par des minuteries,**
- **d'un générateur d'air chaud sans échangeur dans le cas des gaz (naturel, propane ou butane) et avec échangeur dans le cas du fioul domestique (à cause de la présence de soufre dans ce combustible).**

Ils diffèrent d'une marque à l'autre essentiellement par:

- **le système d'extraction du grain: rouleaux crantés, augets basculants, grille escamotable à lamelles.**
- **la forme des systèmes de distribution et d'évacuation de l'air, (à canaux ou à persiennes),**

[Principe de séchage par canaux noyés \(Doc. Law\).](#)

[Principe de séchage par colonne à persiennes \(Doc. Omnium\).](#)

- **la position des ventilateurs (travail en pression ou en dépression).**

[Schéma de principe d'un séchoir continu vertical gamme CNA \(Doc. Omnium\).](#)

4. Utilisation des séchoirs

[4.1 Séchage du maïs](#)

[4.2 Séchage du blé de meunerie](#)

[4.3 Séchage de l'orge de brasserie et des semences](#)

[4.4 Séchage des oléagineux](#)

[4.5 Séchage des protéagineux](#)

4.1 Séchage du maïs:

Méthode classique (séchage conventionnel).

Cette méthode consiste à effectuer le séchage et le refroidissement du grain en un seul passage. C'est de beaucoup la méthode la plus utilisée, toutefois on peut lui reprocher son manque de souplesse car elle constitue un goulot d'étranglement lorsque la capacité de récolte des moissonneuses batteuses dépasse le débit du séchoir.

Plusieurs attitudes peuvent être prises pour résoudre ce problème:

- limiter la vitesse de récolte et suivre la capacité du séchoir.
- se suréquiper en capacité de séchage mais c'est une solution très coûteuse.
- ne pas augmenter la capacité de séchage, et accepter de voir s'accumuler des stocks importants de maïs humide. Cette solution conduit à laisser le maïs s'échauffer et à prendre des risques importants en raison de la perte de matière sèche (de 0,5 à plus de 4 %) et de l'abaissement des qualités commerciale, alimentaire et technologique ensuite.
- une autre solution consiste à augmenter la capacité de séchage en utilisant le séchoir de façons différentes:

Séchage en deux passages dans le même séchoir avec stockage intermédiaire de 15 jours à 1 mois par la ventilation.

Cette méthode consiste à sécher le maïs jusqu'à 22-25 % d'humidité lors d'un premier passage au séchoir, puis le conserver 15 jours à 1 mois sous ventilation et finir de le sécher lors d'un deuxième passage au séchoir.

Cette méthode, qui offre l'avantage de permettre une augmentation de la capacité de séchage de l'ordre de 60 à 70 %, nécessite une installation de ventilation adaptée au maïs « demi-sec », c'est-à-dire disposant d'un débit spécifique de 40 à 50 m³/h par m³ 3 de grain. Elle présente cependant les inconvénients suivants: doublement des opérations de manutention, d'où accroissement des risques de casse et légère perte de matière sèche par respiration ainsi qu'en témoigne le diagramme ci-contre. De plus, la durée de stockage, à l'état « demi-sec », sans altération dépend de la température extérieure et de la teneur en eau intermédiaire du maïs.

Refroidissement lent différé ou « dryeration »:

En dryeration, le refroidissement du grain n'a plus lieu dans le séchoir, mais dans un ensemble de cellules prévues à cet effet et équipées d'une ventilation spéciale.

Le procédé comprend 4 étapes successives:

- **première étape: séchage accéléré du maïs dans le séchoir depuis sa teneur en eau initiale jusqu'à une humidité de l'ordre de 18 %. L'air chaud est envoyé dans toute la colonne de grain par transformation de la zone de refroidissement en zone de séchage.**
- **deuxième étape: transfert du maïs chaud à une température comprise entre 50 et 60 °C dans une cellule dite de « dryeration », où on le laisse ressuyer pendant 8 à 12 heures. Ce laps de temps permet à l'eau interne du grain de migrer vers la périphérie beaucoup plus sèche et de supprimer les tensions internes résultant des différences de température et de teneur en eau entre le centre et la zone périphérique du grain en fin de séchage.**
- **troisième étape: refroidissement lent du maïs par l'application d'une ventilation d'air ambiant pendant une durée de 12 à 15 heures, avec un débit spécifique de 40 à 60 m³ d'air par heure et par mètre cube de grain. Cette opération a pour but non seulement de refroidir le grain, mais d'utiliser sa chaleur comme énergie d'évaporation de l'eau. Dans la pratique les pertes d'eau observées au refroidissement sont de 1,5 à 2 points.**

Pour obtenir le meilleur effet de séchage plusieurs conditions doivent être satisfaites:

- **température du grain élevée, de l'ordre de 60 °C, pour cela il faut atteindre mais sans dépasser la température de séchage de 110-120 °C,**
- **refroidissement complet et régulier de la masse de grain, pour cela il faut un système de distribution d'air (gaines de ventilation) bien conçu et éviter la formation du cône de remplissage (zone où le grain est tassé et mal ventilé).**
- **quatrième étape: vidange de la cellule de refroidissement et expédition du grain vers le stockage.**

[Principe de la méthode de séchage par dryeration \(Doc. ITCF\).](#)

Avantages escomptés de cette méthode:

- **augmentation de capacité de séchage: de 20 à 60 % suivant le fait que l'on augmente ou non la puissance thermique.**
- **l'économie de combustible va de 15 à 40 % suivant le fait que le séchoir est au départ déjà performant ou non.**
- **la dryeration permet de diminuer les taux de grains fêlés et de grains brisés dus au séchage (voir tableaux ci-contre).**

A température de séchage identique, la qualité technologique d'un maïs est meilleure en dryeration qu'en séchage classique.

Problèmes pratiques posés par la mise en place du procédé de dryeration:

- **les différentes phases du procédé de dryeration constituent une suite de contraintes opérationnelles qu'il faut intégrer au mieux dans un traitement continu du grain.**

Pour réaliser ce cycle de travail, il existe de nombreuses solutions qui dépendent du nombre et de la capacité des cellules que l'on peut réserver à la dryeration. Dans tous les cas il faut établir un diagramme du cycle de travail qui respecte les durées préconisées plus haut (10 heures de ressuyage et 12 à 15 de ventilation).

- **la ventilation d'un maïs chaud et encore humide provoque un dégagement de buées très important pendant les premières heures. Il est indispensable de rejeter cette vapeur d'eau vers l'extérieur au moyen d'extracteurs d'air si le local de stockage est fermé. Il est impératif d'isoler les cellules de « dryeration » du reste du stockage par une cloison pour éviter les retombées d'eau de condensation de la toiture sur les autres cellules.**

L'élevateur de reprise du grain chaud et humide est aussi soumis à ces buées, et il est conseillé en fin de campagne de séchage de le sécher en lui faisant véhiculer du grain sec.

- **en dryeration, le grain sortant chaud et légèrement humide, on ne peut pas le passer tel quel dans les indicateurs d'humidité électriques. Il faut préalablement refroidir l'échantillon en le plaçant dans un petit sac en jute devant l'ouïe d'aspiration d'un ventilateur.**

[Durée de conservation du maïs demi-sec \(d'après Steele et Saul, Univ, Iowa, USA\).](#)

[Dryeration: refroidissement sur 4 cellules \(Doc. ITCF\).](#)

[Dryeration: refroidissement sur 2 cellules \(Doc. ITCF\).](#)

4.2 Séchage du blé de meunerie:

Le séchage du blé étant occasionnel, on utilise les mêmes séchoirs que pour le maïs moyennant quelques réglages préalables:

- **la température de l'air chaud est limitée entre 60 et 90 °C,**
- **augmenter le volume de la zone de refroidissement pour obtenir un refroidissement correct du grain.**

Lorsque la manutention a un débit insuffisant pour suivre le débit du séchoir, il faut baisser la température de l'air chaud jusqu'à ce qu'il y ait concordance entre la capacité du séchoir et les débits de manutention.

Le traitement thermique du blé humide (18 % et plus de teneur en eau) par séchage à température modérée (jusqu'à 90°C) est bénéfique pour la qualité boulangère. A températures plus élevées il y a dégradation de la qualité.

4.3 Séchage de l'orge de brasserie et des semences:

Pour ces produits le principal critère qualitatif à respecter est le maintien du pouvoir germinatif. La température de l'air chaud doit être limitée à 40 - 42 °C pour ne pas détruire le germe.

4.4 Séchage des oléagineux:

Il est possible de sécher ces graines sans altérer la qualité de l'huile avec des températures de l'air de l'ordre de 65 à 70 °C.

Il faut dans le cas du colza et du tournesol diminuer le débit d'air des ventilateurs pour éviter les envolements de grain dans la chambre d'air usé.

Un problème particulier au tournesol est souvent évoqué, il s'agit des incendies de séchoir. Ces accidents sont favorisés par l'accumulation de poussières et de coques dans certains endroits du séchoir, en effet ces déchets une fois portés à l'état anhydre sont très facilement inflammables; il suffit donc qu'une escarbille provenant du brûleur soit véhiculée par l'air de séchage et vienne percuter un bouchon ou un amas de poussière pour qu'un incendie se déclare. Pour diminuer fortement ce risque d'incident il est indispensable de prénettoyer le grain avant son introduction dans le séchoir et d'éviter un préstockage humide trop long (24 heures maximum). Avant de mettre en marche le séchoir, faire fonctionner la ventilation une demi-heure pour éliminer les gaz produits par la respiration ou la fermentation du grain en attente de séchage.

[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](#)

4.5 Séchage des protéagineux:

Ces grains supportent des températures de séchage de 80 à 90 °C maximum sans que cela n'augmente leur taux de grains brisés (important pour le pois) ni que cela n'altère les protéines (lysine en particulier).

QUALITE BOULANGERIE DE 5 ECHANTILLONS DE BLE SECHES A DES TEMPERATURES DIFFERENTES.

Qualité boulangère de 5 échantillons d'un même lot de blé séchés à des températures croissantes.

Température de séchage (°C)	Alvéographe		Panification française	
	W	P/L	Note/300	Appréciation
TEMOIN	214	0,39	221	Bon
60	219	0,43	239	Très bon
80	201	0,52	238	Très bon
100	158	1,01	172	Assez bon
120	100	2,39	108	Médiocre
150	95	4,76	78	Très mauvais

POURCENTAGE DE BRISURES OBTENUES SUR 2 LOTS DE MAIS SECHES NORMALEMENT ET EN DRYERATION, CIRCULANT DANS UN CIRCUIT DE MANUTENTION A DEUX DEBITS DE GRAIN.

Méthode de séchage	Grains brisés (1) (%)
--------------------	-----------------------

	Débit 75 qx/h (2)	Débit 150 qx/h (3)
Séchage normal	17,4	35,6
Dryeration	8,2	8,1

(1) Pourcentage de brisures passant au tamis de 4,7 mm à trous ronds.

(2) Débit correspondant à la demi-charge des appareils.

(3) Débit correspondant à la pleine charge des appareils.

POURCENTAGES DE GRAINS FELES ET DE GRAINS BRISES OBTENUS EN SECHAGE NORMAL ET EN DRYERATION.

Méthode de séchage (1)	Grains fêlés (%)	Grains brisés (2) (%)
Témoins	1,5	5,6
Séchage normal	43,6	11,3
Dryeration	7,6	6,7

(1) Témoin = grain récolté à la moissonneuse-batteuse à 25 % de teneur en eau et séché à l'air ambiant.

(2) Pourcentage pondéral de brisures passant au travers du tamis à trous ronds de 4,76 mm (12/64è d'inch).

5. Séchage à basse température:

Il s'agit de la ventilation séchante, à l'air ambiant réchauffé de quelques degrés, effectuée en cellule ou en case. Ce mode de séchage n'étant rien d'autre qu'une ventilation particulière, il est traité dans le chapitre sur la ventilation.

6. Le crib a mais:

Le crib est une alternative au séchage artificiel et au stockage classique du maïs. Cette ancienne pratique ne donnera pas entière satisfaction dans tous les cas. Pour bien la maîtriser, il faut respecter un certain nombre de conseils.

[Crib en bois \(acacia\) \(Doc. AGPM\).](#)

[Crib métallique en cornières et fers en U \(Doc. AGPM\).](#)

Récolte précoce et mise en crib immédiate:

Pour assurer une bonne conservation des épis en crib, il faut que ceux-ci sèchent rapidement pendant les premières semaines de stockage. Ils supporteront mieux les effets néfastes d'un climat humide et parfois doux de fin d'automne et d'hiver. Pour favoriser ce séchage l'agriculteur doit:

- **choisir des variétés adaptées: outre le critère de précocité à la récolte, la facilité d'effeuillage et la vitesse de dessiccation de l'épi sont à prendre en compte.**
- **récolter le plus tôt possible: lorsque 60 à 80 % des spathes sont desséchées, on évite les pertes d'épis au champ et l'égrenage.**
- **avec des mises en crib précoces on bénéficie d'un climat encore chaud et sec qui permet un séchage important des épis avant l'hiver.**

Les risques de pertes:

On s'aperçoit facilement des pertes par égrenage, des dégâts d'oiseaux, de rongeurs, mai on voit parfois trop tard la pourriture d'épis. Ce sont les pertes visibles. Il est par contre difficile d'estimer les pertes de matière sèche dues à la respiration des grains et au développement de champignons parasites. Ces pertes invisibles, cette diminution de poids sont très variables. En conditions favorables elles sont de l'ordre de 2 à 3 %.

Sous certaines conditions: récolte tardive d'épis humides, mauvaise conception du crib et climat hivernal doux et humide, certains champignons parasites peuvent libérer des produits secondaires toxiques (des mycotoxines).

Conseils de construction et d'implantation:

Pour que le maximum d'épis soit parfaitement ventilés les principes de base suivants sont à respecter:

- **exposer le crib face aux vents dominants. Ce n'est pas le soleil qui sèche mais l'air réchauffé par le soleil. Une exposition face à l'ouest n'est pas une erreur si les vents d'ouest sont dominants.**
- **construire les cribs le plus loin possible des coupe-vents. Eloigner les cribs des bosquets, des maisons et des autres cribs. Ne pas utiliser le crib pour fermer un hangar sur une ou plusieurs faces.**
- **limiter l'épaisseur du crib. Elle ne doit pas dépasser 0,90 m. Le grillage sera fixé de telle sorte que le crib ne prenne pas de « ventre ».**
- **placer dans les cribs des épis effeuillés à plus de 75 %. Pour cela utiliser un corn-picker bien réglé avec une table d'effeuillage en bon état.**
- **utiliser un élévateur d'épis muni d'un récupérateur de grains. Il faut éviter de mettre les grains libres dans le crib, ils colmatent les espaces entre épis et gênent la circulation de l'air.**

Capacité du crib:

Un mètre cube de crib permet de loger environ 500 kg d'épis frais soit l'équivalent de 300 kg de maïs grain à 15 % d'humidité. Un mètre linéaire de crib de 4 m de haut sur 0,90 m de large contient 3,60 m³ d'épis soit l'équivalent de 10 à 11 quintaux de grain sec. Pour une récolte de 60 quintaux/ha il faut donc prévoir 5 à 6 mètres de crib par hectare.

7. Cellule sécheuse à épis

Ce matériel permet de sécher lentement à l'air ambiant (ou légèrement réchauffé) les épis de maïs qui sont ainsi à l'abri des intempéries.

Il s'agit d'une cellule à fond perforé à deux pans inclinés vers une bande de reprise caoutchouc pour la vidange. Le remplissage s'effectue par quatre points de chargement situés autour de la cellule. Les épis sont séchés à l'air ambiant ou faiblement réchauffé.

Moyennant quelques petits aménagements la cellule sècheuse peut être utilisée pour stocker du grain sec.

[Schéma de principe d'un silo de séchage pour épis de maïs \(Doc. Phenix Rousies\).](#)

[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

- [1. Stockage classique en cellule](#)
- [2. Stockage en case \(aménagement de bâtiments existants\)](#)
- [3. Boisseau de chargement](#)
- [4. Le crib](#)
- [5. Le silo hermétique](#)

Préalablement à la réalisation d'une installation de stockage il convient de se poser un certain nombre de questions et d'y apporter une réponse:

- **quelle est la quantité totale de céréales à stocker ?**
- **quelles sont ces différentes céréales et leurs variétés ?**
- **quelle est la place disponible pour le stockage ? Y-a-t-il déjà un bâtiment existant ?**
- **quel est le budget disponible ?**
- **quelle est la nature du sol et du sous-sol ?**

C'est uniquement après avoir répondu à ces quelques questions que l'on pourra se décider sur un type et une configuration de stockage bien précis.

La quantité totale à stocker ainsi que les différentes céréales et leurs variétés déterminent le nombre et la capacité des cellules.

La place disponible permet de choisir le type de cellule. La nature du sol et du sous-sol guide le choix du système de vidange et de ventilation (enterrée ou sur le sol).

Un des problèmes importants à résoudre avant de choisir le stockage est celui de l'humidité. Il faut éviter les remontées d'eau par le sol, pour assurer une bonne conservation des grains. Il est conseillé d'effectuer un drainage autour du bâtiment et de poser un film plastique avant de couler la dalle.

Pour une capacité de stockage déterminée et une même hauteur, il faut une surface au sol supérieure de 50 % pour des cellules rondes par rapport à celle nécessaire pour des cellules carrées ou rectangulaires. Dans tous les cas il vaut mieux prévoir plusieurs petites cellules à une seule grande, ceci afin de réaliser un classement par variété.

[Surface au sol nécessaire pour un stockage de 1500 quintaux sur une hauteur de 5 mètres. Cellules cylindriques:](#)

64 m².

Surface au sol nécessaire pour un stockage de 1500 quintaux sur une hauteur de 5 mètres. Cellules carrées: 41 m².

On peut classer le stockage en deux catégories:

- **stockage classique en cellules,**
 - cellule cylindrique en tôle ondulée,
 - cellule polygonale en tôle plissée,
 - cellule carrée ou rectangulaire en tôle plissée ou type palplanche.

- **stockage en case pour aménagement de bâtiments:**
 - cloisons mobiles en béton ou métalliques en tôle plane,
 - cloisons en bois ou en parpaings.

Citons pour mémoire, pour des petits stockages et des hauteurs relativement faibles (3 à 4 m maximum), les cellules cylindriques assez économiques dont les parois sont constituées par des panneaux de fibre végétale comprimée. Il est indispensable de placer ces dernières à l'abri de l'humidité sur une dalle béton. Il est impératif d'effectuer le remplissage et la vidange bien par le centre du silo, sous peine de le voir se déformer ou même de basculer.

Il existe également des cellules cylindriques constituées par une armature métallique et des parois grillagées. Elles posent un problème majeur pour la ventilation, qui s'effectue à partir d'une gaine centrale verticale, diffusant l'air horizontalement du centre vers l'extérieur; la distribution d'air n'est pas homogène et les résultats

ne sont pas toujours satisfaisants.

[Coupe de cellule montrant le cône de vidange creuse au centre de la cellule pour faciliter la reprise du grain.](#)

1. Stockage classique en cellule

Cellule cylindrique en tôle ondulée:

C'est le stockage qui est le plus couramment rencontré car il est le moins coûteux. Les tôles ondulées cintrées sont obtenues à partir de panneaux de 1 m de haut sur 2 m de long et d'une épaisseur variant de 12,5/10° de mm pour le bas à 7,5/10° de mm pour le haut. Ces panneaux s'assemblent par boulonnage pour constituer des viroles qui se superposent en hauteur avec joint d'étanchéité. L'ensemble est maintenu par des renforts verticaux boulonnés sur les panneaux et scellés ou fixés dans le sol.

Ces cellules généralement sans toit peuvent en être équipées moyennant un renforcement et une augmentation du nombre de renforts verticaux pour être implantées à l'extérieur. Dans ce cas apporter une attention toute particulière à la pose des joints d'étanchéification à l'eau; prévoir autour de la cellule une partie cimentée en pente pour éviter la stagnation d'eau de pluie qui risque d'en faire rouiller la base. Pour la ventilation on peut utiliser le faux-fond perforé qui malheureusement est cher ou à défaut un réseau de gaines perforées judicieusement réparties qui donne aussi d'excellents résultats. Il existe pour ce type de cellules des accessoires comme: trappe de visite, échelle à crinoline, etc... qui facilitent le travail et assurent la sécurité lors de l'exploitation du matériel.

Pour les cellules équipées d'un faux fond perforé, il existe une vis de reprise amovible qui se fixe au centre du tas lorsque l'écoulement gravitaire du grain ne se réalise plus naturellement. Elle permet la vidange intégrale sans intervention manuelle.

Cellule polygonale en tôle nervurée ou pliée:

La tôle utilisée est soit galvanisée, soit peinte, les panneaux sont pliés sur leur bordure et assemblés par boulonnage extérieur. Les bords nervurés servent de montants verticaux de renforts. Le montage est très facile pour une personne seule, le boulonnage étant entièrement à l'extérieur de la cellule. La ventilation s'effectue à l'aide de gaines perforées. Pour la vidange, il y a obligatoirement une intervention manuelle pour évacuer la totalité du grain.

[Assemble étanche des tôles d'une cellule cylindrique en tôle galvanisée.](#)

Cellule carrée ou rectangulaire:

Pour ce genre de cellule, il existe deux formes de panneaux différentes:

- panneaux peints nervurés et soudés sur des cadres rigides profilés. Ils se montent par boulonnage extérieur.
- panneaux peints renforcés par pliage dans le sens horizontal et par soudure sur deux montants verticaux (panneaux type palplanche).

Dans les deux cas des tirants de renforcement sont nécessaires dans les angles.

Avec ce type de cellule, il est possible de concevoir des formes de stockage variées par juxtaposition de cellules (cf. schéma ci-contre, permettant ainsi utiliser la place disponible au maximum.

Bien que plus onéreuses que les cellules cylindriques, elles sont intéressantes dans certains cas où les parois de type palplanche peuvent constituer l'armature d'un bâtiment qu'il suffit alors de couvrir. Elles permettent alors de réaliser l'économie d'un hangar toujours coûteux.

Pour les 3 types de cellules que nous venons d'évoquer, il existe des versions avec fond conique incorporé. Cela résout le problème de la vidange intégrale, mais pour une hauteur de stockage donnée il y a une perte de

volume importante.

[Différentes dispositions de cellules carrées.](#)

2. Stockage en case (aménagement de bâtiments existants)

Cloisons mobiles en métal ou en béton:

Ces cloisons amovibles permettent de constituer des cases de dimensions variables et modifiables facilement d'une campagne sur l'autre en fonction des besoins. Le chargement et la reprise s'effectuent par vis. La ventilation se pratique à l'aide de gaines perforées posées sur la dalle. A cause de la grande embase des cloisons, le sol doit être parfaitement horizontal pour obtenir des parois bien verticales.

[Case de stockage constituée de cloisons métalliques amovibles \(Doc. Prive\).](#)

Cloisons en bois ou en parpaings:

Ce type de stockage, généralement confectionné par l'agriculteur lui-même, ne peut guère aller au-delà de 3 mètres de hauteur. Pour se prémunir de l'humidité pouvant provenir des murs, il est conseillé de poser un film plastique sur ces derniers.

Si on utilise les murs extérieurs du bâtiment comme parois des cases, il faut s'assurer de leur solidité. Dans le doute prévoir un renforcement de ceux-ci en coulant un béton avec treillis métallique entre la paroi existante et un coffrage rapporté en contre-plaqué, de 25 mm d'épaisseur qui sera réutilisé comme cloisons internes. Ces séparations entre cases peuvent être en parpaings de 50 x 20 x 20 cm, en madriers de 80 x 120 mm retenus par 2 fers IPN de 100 mm ou par du contre plaqué fixé sur des poteaux métalliques en IPN de 60 mm ou des poteaux en bois de 80 mm de côté scellés tous les 50 cm.

[Schéma de renforcement d'un mur en pierre en vue de l'utilisation d'un Miment en case de stockage.](#)

3. Boisseau de chargement

Lorsque le stockage est utilisé pour conserver les céréales avant la vente, il faut envisager la mise en place d'un boisseau de chargement camion. Cela permet de ne mobiliser le camion, qui vient chercher le grain d'un minimum de temps. Les durées d'une heure voire plus pour charger un véhicule ne sont plus acceptées par les transporteurs.

On trouve deux types de boisseaux:

- boisseau cylindrique en tôle ondulée,
- boisseau carré ou rectangulaire en tôle plane ou du type palplanche.

Ils permettent le chargement de véhicules routiers, la hauteur sous le point de vidange étant de 4,20 à 4,50 m suivant les fabricants. Ils sont disponibles en version intérieure ou extérieure avec toiture. Les capacités varient de 200 à 500 quintaux.

[Boisseau de chargement \(Doc. Prive\).](#)

4. Le crib

Le crib est un mode de stockage encore fréquemment utilisé dans certaines régions (Sud-Ouest, Eure-et-Loir, etc..).

Ce matériel sert avant tout au séchage du maïs, c'est pourquoi ce sujet est déjà traité dans le chapitre sur le séchage.

5. Le silo hermétique

Citons pour mémoire le silo hermétique utilisé principalement pour le stockage de produit humide ou semi-humide broyé ou non.

Ce mode de conservation n'est rien d'autre qu'un ensilage particulier et n'est de ce fait pas traité dans cette brochure réservée à la conservation des grains par voie sèche.

[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](#)

La ventilation

[1. Ventilation de refroidissement](#)

[2. Ventilation séchante](#)

Au cours du stockage, les grains même s'ils sont aux normes commerciales d'humidité respirent, ils perdent donc du poids et leur qualité peut être altérée. Cela peut se traduire par une diminution de l'aptitude à la panification pour le blé tendre, une baisse du pouvoir germinatif pour les orges de brasserie, une dégradation de la qualité amidonnaire pour le maïs, un développement de moisissures ou des pullulations d'insectes. Tout ceci peut être évité en refroidissant le grain, le principal remède contre tous ces dégâts est la ventilation de

refroidissement.

1. Ventilation de refroidissement

[1.1 Principes](#)

[1.2 Conduite](#)

[1.3 Autres types de ventilation](#)

[1.4 Données techniques sur l'installation de ventilation](#)

[1.5 Précautions techniques à respecter pour une ventilation efficace](#)

1.1 Principes

L'objectif essentiel de la ventilation est le refroidissement du grain et son maintien à une température suffisamment basse pour assurer une bonne conservation, accessoirement, le but recherché peut être un léger séchage. La ventilation d'une masse de grain stocké a deux effets simultanés, mais dont la réalisation complète a des durées très différentes.

Dans un premier temps, relativement court, la ventilation abaisse la température du grain jusqu'à celle de l'air, c'est l'effet de refroidissement. Dans un deuxième temps, si la ventilation se poursuit suffisamment longtemps l'effet obtenu peut être un léger séchage. Dans un cas comme dans l'autre, les phénomènes physiques commandant les échanges de chaleur et d'eau découlent des lois d'équilibre entre l'air et le grain.

Le premier équilibre se produit très rapidement en ventilation: il concerne la température du grain. Avant la ventilation, elle est plus élevée que celle de l'air, après ventilation elle se stabilisera à une valeur légèrement supérieure, égale ou inférieure à la température de cet air de ventilation. Le résultat final dépend de l'humidité relative de l'air:

- si l'hygrométrie de l'air est supérieure à 75 % on aboutit à un sous-refroidissement.

- si l'hygrométrie est égale à 75 % le refroidissement est égal à la différence de température entre l'air et le grain au départ.
- si l'hygrométrie est inférieure à 75 % il y a sur-refroidissement du grain.

Le diagramme ci-après, établi à partir de tous ces paramètres, précise les conditions dans lesquelles la ventilation est la plus efficace.

Pour la réalisation de cet équilibre de température entre l'air et le grain, les besoins en air sont limités de 800 à 1500 m³ d'air par mètre cube de grain quelle que soit l'ampleur du refroidissement.

Le deuxième équilibre est celui concernant l'alignement de la teneur en eau du grain sur l'humidité relative de l'air de ventilation. Cette évolution est très lente, pour la réalisation de ce deuxième équilibre, les besoins en air sont beaucoup plus importants, de l'ordre de 50 000 à 80 000 m³ d'air par m³ de grain. Il faudrait donc de 150 à 300 jours de ventilation continue pour sécher le grain de 2 à 3 points.

Lors d'une ventilation, c'est la partie inférieure de la cellule (par où arrive l'air) qui est refroidie la première complètement. Juste 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 doit 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).

[Principe de la ventilation.](#)

1.2 Conduite:

Le grain stocké perd du poids parce qu'il respire et cela d'autant plus qu'il est plus chaud. Parallèlement la chaleur dégagée par la respiration échauffe le grain qui va respirer encore plus, donc s'échauffer encore plus et ainsi de suite (voir chapitre: mécanismes d'altération des grains).

L'expérience montre qu'il faut maintenir le grain en dessous de 12 °C pour une bonne conservation. A la moisson, le grain est presque toujours chaud (25 à 35 °C suivant les conditions de récolte). Comme il 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 et en été, la température de la masse de grain s'élève lentement. Pour éviter qu'elle dépasse 12 °C, le meilleur moyen consiste à abaisser la température du lot de grain pendant l'hiver vers 10 °C pour un stockage inférieur à 6 mois et vers 5 °C pour une conservation d'un an. Pour refroidir, il faut faire circuler de l'air plus froid que le grain, dans toute la masse de grain.

On ventilerait de préférence la nuit:

- l'air est généralement plus froid que le jour,
- le prix de l'électricité est plus bas (tarif EDF - heures creuses).

Mais il n'est pas possible de ramener en une seule fois du grain de 30 ou 35 °C à 10 °C car en été la différence de température entre grain et air n'est généralement jamais aussi importante. Il faut donc procéder par étape ou dose de ventilation:

- dès la récolte, une première dose de ventilation abaisse la température du grain autant que le permet la température de l'air (souvent entre 15 et 20 °C).
- une deuxième dose de ventilation fin septembre ou début octobre amènera le grain à une température située entre 10 et 15 °C puis une autre au début de l'hiver entre 5 et 10 °C. Pour un stockage de longue durée, une quatrième dose effectuée par temps de gel permettra de refroidir le grain jusqu'à 0 à 5 °C.

Dans la pratique 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 la température est élevée.

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 se situe entre 5 et 7 °C.

Pour décider de l'opportunité d'une dose de ventilation il faut impérativement de surveiller la température.

Dès le chargement de la cellule, il est indispensable de surveiller la température de l'air et du grain (à l'aide d'un appareillage thermométrique).

- **pour l'air ambiant, un thermomètre à mercure ou à cadran peut suffire. Il sera placé près de 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. 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.**
 - **sonde à thermistance installé comme précédemment mais pouvant être relié à un appareil de lecture situé en bas de cellule. Ainsi plusieurs sondes peuvent être contrôlées avec le même appareil en un point central de l'installation de stockage.**
 - **silothermométrie avec mesure de la température en plusieurs points d'une ou plusieurs cellules.**

Ce matériel évite de monter sur les cellules, les indications sont centralisées au niveau d'un boîtier de lecture située au sol.

[Diagramme de conduite de la ventilation pour céréales aux normes \(doc. itcf\).](#)

QUESTION PRATIQUE:

Peut-on réhumidifier le grain par la ventilation ?

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). 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 oeuvre, 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 dé 13,6 à 15,2, la température de ce lot étant de $7 \text{ }^\circ\text{C}$.

L'expérience se solde par une consommation de 1500 kWh pour 500 m^3 (400 q) de grain !

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'ITCF.

Le résultat est-il le même avec de l'air ne 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 humide (80 à 100 %) : faible perte d'eau, refroidissement moyen,

Air sec.. (50 à 80 %) : perte d'eau importante, refroidissement plus important 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 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.

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 °C) n'est pas conservable plus d'une

ou 2 semaines: alors que ramenée aux environs de 10 °C, elle peut être conservée jusqu'au printemps (6 mois).

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

Est-il possible d'automatiser les opération de refroidissement du grain ?

L'automatisation partielle de la ventilation permet de simplifier ces opérations et supprime aussi l'obligation de surveiller continuellement le grain pendant son refroidissement. Elle est possible en intercalant sur le circuit d'alimentation du moteur électrique, les éléments suivants:

- **une horloge à réserve de marche de 24 heures 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 à 7 °C. 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.**

1.3 Autres types de ventilation:

- **La ventilation de maintien continue:**

Pour des céréales « humides » au-delà de 17 % de teneur en eau, dans ce cas, la ventilation est surtout utilisée comme moyen de conservation provisoire sur des grains en attente de passage au séchoir, qu'il s'agisse de céréales humides d'été en provenance des moisonneuses-batteuses, ou du maïs demi-sec ayant déjà subi un préséchage. Le but recherché est le préstockage ou le stockage intermédiaire avant conditionnement définitif.

Attention l'installation de ventilation doit correspondre à un débit spécifique dans le grain de l'ordre de 50 m³ d'air/h par m³ de grain. Ce type de ventilation effectuée avec une installation non conçue pour cela est plus néfaste que bénéfique.

- **La ventilation du maïs appliquée à la technique de « dryeration »:**

Ce cas particulier de ventilation a pour but de refroidir le maïs chaud (50 à 60 °C) et encore un peu humide sortant du séchoir (18 à 19 %), tout en contribuant à évacuer une certaine quantité d'eau par utilisation de la chaleur accumulée dans le grain.

Le débit spécifique d'air doit aussi dans ce cas être de 50 m³ d'air/h par m³ de grain alors qu'il n'est que de 10 à 20 m³ d'air/h par m³ de grain, pour une ventilation de refroidissement classique.

- **La ventilation séchante:**

Pratiquée sur des petits lots de céréales d'été récoltées humides, ce procédé a pour but de sécher le grain en quelques jours. Le débit d'air doit être encore plus important: 100 à 150 m³ d'air/h par m³ de grain. Un chapitre lui est consacré plus loin.

Ces considérations sur la multiplicité des applications de la ventilation tendent à montrer qu'il est pratiquement impossible de réaliser une installation parfaitement polyvalente. Les extrapolations hasardeuses pouvant conduire à des catastrophes, mieux vaut demander le conseil d'un spécialiste.

QUESTIONS PRATIQUES:

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 ou 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.**

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 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 gaine de ventilation est étanche, observer les joints des trappes d'accès:**

- si ceux-ci sont déchirés ou usés, il y a des fuites;
- si l'on remarque sur le pourtour de la trappe, des traces noires de poussière, il y a des fuites.
- avec du maïs: pression - 26 mm C.E., débit = 5 100 m³ /h.
- avec du blé: pression = 60 mm C.E., débit = 4 600 m³/h.
- avec de l'orge: pression = 85 mm C.E., débit 4 200 m³/h.
- avec du colza: pression = 125 mm C.E., débit 3 100 m³/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.

Exemple: Cellule de 240 m³ (6 m de hauteur et 7,12 m de diamètre). Le ventilateur « x » équipant cette cellule fournit les débits suivants (à 2 950 tr/mn).

Exemple de calcul du débit d'un ventilateur:

Débit spécifique choisi: 20 m³/h par m³ de grain

Cellule cylindrique: Diamètre: 3,28 m et hauteur 5 m

Volume: 42 m³

Le ventilateur devra débiter: 42 x 20 = 840 m³/h

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 2 à 3 °C.

Exemples de calcul du temps de refroidissement:

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:
$$\frac{100}{20} = 50 \text{ heures}$$

Pour un débit spécifique n = 5

Le temps de refroidissement est:
$$\frac{1000}{5} = 200 \text{ heures}$$

1.4 Données techniques sur l'installation de ventilation:

Principe 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:

1 000 m³ d'air par m³ 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'ai 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 soit 150 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 m³ de grain ventilé, il est souvent fixé à 20 m³/h/m³ de grain. Connaissant le volume de la cellule à ventiler, on en déduit le débit d'air nécessaire en m³/heure: débit d'air = débit spécifique x volume de grain (voir exemple ci-contre).

A partir de ces éléments:

- **dose spécifique = 1 000 m³ d'air par m³ de grain,**
- **débit spécifique variable en fonction de l'installation, il est possible dévaluer le temps nécessaire pour effectuer un refroidissement (dose de ventilation dès la récolte ou dose de refroidissement à l'automne).**

Durée de ventilation = dose spécifique: débit spécifique (voir exemple ci-contre).

Exemple de calcul pour le choix d'un ventilateur:

Soit une cellule carrée de 5 m de côté et 5 m de haut

Surface au sol: $5 \times 5 = 25 \text{ m}^2$.

Volume: $25 \times 5 = 125 \text{ m}^3$

Prenons un débit spécifique de $20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$. Le débit minimum que devra fournir le ventilateur sera de: $125 \text{ m}^3 \times 20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3 = 2\,500 \text{ m}^3/\text{h}$

La pression statique calculée est de 44 mm CE

La pression dynamique déterminée d'après les courbes constructeurs est de 2,5 mm CE

Donc, notre ventilateur devra fournir au minimum:

- débit de $2\,500 \text{ m}^3/\text{h}$ (ou $2\,500 : 3\,600 = 0,69 \text{ m}^3/\text{seconde}$)
- pression totale: $44 + 2,5 = 46,5 \text{ mm CE}$

La puissance absorbée est de $0,69 \times 46,5 \times 1,334 : 75 = 0,57 \text{ cv}$ (0,42 kW) donc un moteur de 0,75 cv (0,55 kW) convient.

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 (grosseur) et de la hauteur de la cellule. Cette pression est exprimée en millimètres de colonne d'eau (mm CE) 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 $20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$.

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.

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 avec du colza.

Pour une même installation, l'échelle des débits spécifiques peut se répartir de la façon suivante:

- maïs: $20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$
- blé: $16 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$
- orge $13 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$
- colza $10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$

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

Choix du ventilateur:

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 CE). On calcule à partir de la vitesse de l'air dans le grain et la nature de la céréale (voir guide pratique sur la ventilation des grains).

Cette pression statique ne tient pas compte des frottements sur 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).

La puissance absorbée est reliée au débit et à la pression par la formule:

$$\bullet \text{ - puissance (cv)} = \frac{\text{Débit (m}^3\text{/s)} \times \text{pression totale (mm CE)} \times 1,334}{\text{rendement (\%)}}$$
$$\bullet \text{ - puissance (kW)} = \text{puissance (cv)} \times 0,736$$

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 %.

La puissance du moteur d'entraînement 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 EDF parce que la consommation apparente (puissance réactive) du moteur est alors exagérée.**

L'élément qui indique la bonne ou mauvaise utilisation du circuit triphasé EDF s'appelle le $\cos \gamma$. 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 $\cos \gamma = 0,84$ correspondant à la valeur maximale obtenue par le moteur) et sur les factures EDF sous forme de puissance réactive réellement consommée et de pénalités correspondantes.

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

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.

Exemples:

- **si le ventilateur demande une puissance de 6,8 ch (5,0 kW): choisir au moins le moteur de 7,5 ch (5,5 kW)**
- **si le ventilateur demande une puissance de 7,3 ch (5,4 kW): éviter le moteur de 7,5 ch (5,5 kW) et choisir le moteur 10 ch (7,4 kW).**

Les différents types de ventilateurs:

- **hélicoïde ou axial: l'air est propulsé parallèlement à 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.**
- **centrifuge: l'air est propulsé perpendiculairement à l'axe de rotation, forte pression et débit moyen. Ventilateur que l'on retrouve généralement dans les installations de ventilation des grains.**

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, elle 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 ne doivent pas laisser passer de grain tout en laissant à l'air un passage suffisant.**

Dans certaines grosses installations, la gaine principale est équipée de trappes permettant de faire passer l'air dans chaque cellule, de manière indépendante. 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.

Fuites d'air = mauvaise ventilation, gaspillage d'énergie

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.**

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.

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.

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

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

Section cm ²	Gaine principale m ³ /h (pour une vitesse de 8 m/s)	Gaine secondaire m ³ /h (pour une vitesse de 4 m/s)
100	300	150
400	1 200	600
900	2 600	1 300
1 600	4 600	2 300
2 500	7 200	3 600
3 600	10 400	5 200
4 900	14 100	7 050

6 400	18 400	9 200
8 100	23 300	11 650
10 000	28 800	14 400

Débit maxi (m³/h) dans les gaines

- gaine principale - section gaine (cm²) x 2,88
- gaine secondaire - section gaine (cm²) X 1,44

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 ventilateur, surveiller le disjoncteur, la puissance ayant tendance à augmenter avec le débit.

Ne pas faire descendre le débit spécifique à des valeurs trop faibles.

La forme et la section des gaines doivent répondre à certaines normes:

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
 - gaine secondaire: 4 m/s

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.

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 des gaines permet 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.

Cellules ou cases 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 (schéma ci contre).

[Disposition des gaines dans une cellule rectangulaire \(Hauteur H\).](#)

- la distance entre gaines (d) est comprise entre le tiers et la moitié de la hauteur du tas.
- la distance entre les gaines extrêmes et les parois doit être la moitié de distance entre gaine.
- la distance entre les extrémités des gaines et la paroi opposée doit être le quart de la distance entre gaine.

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.

[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](#)

1.5 Précautions techniques à respecter pour une ventilation efficace

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.

Ce qu'il faut faire

- évacuer l'air sortant de la cellule par des bouches d'aération en toiture ou en pignon, suffisamment ouvertes.
- relier l'ouïe d'aspiration à l'extérieur par une gaine, rigide ou souple, d'un diamètre supérieure 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, ajouter celle-ci tout en a protégeant contre la pluie.

[Plancher métallique perfore monte sur parpaings \(Doc. Prive\).](#)

[Aménagement d'ouvertures suffisantes dans le bâtiment pour une bonne ventilation. \(Doc. ITCF\).](#)

TAS DE GRAIN AVEC TALUS NATUREL DE REMPLISSAGE (NON APLANI) (DOC ITCF).

**Les gaines sont disposées transversalement
(sections identiques).**

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

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

[Les gaines sont disposées transversalement](#)

**Les gaines sont disposées longitudinalement.
(Sections différentes).**

Ce cas de répartition est plutôt du domaine d'un spécialiste. La section de gaines doit augmenter avec la hauteur du tas de grain.

[Les gaines sont disposées longitudinalement.](#)

Entretien du groupe moto-ventilateur:

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, 1450 ou 2 950 tr/mn.

- **par poulies-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 es poulies (plus la poulie moteur est grande, plus vite tourne le ventilateur et plus la poulie moteur est petite, moins vite tourne le ventilateur.**

Le 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 ajouter celle-ci,**
 - **éviter de placer 2 ventilateurs côte à côte et surtout de faire coïncider les ouies d'aspiration.**

Cette situation entrainerait 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.**

La grille de protection des ventilateurs:

Il arrive assez souvent que les grilles de protection fixées devant les ouies 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 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 pour voir si le ventilateur est bridé, c'est de laisser la porte de l'abri entr'ouverte (ventilateur tournant):

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

Il arrive parfois que l'ouverture de la porte soit difficile, lorsque le ventilateur tourne, tant l'a dépression est importante dans le local.

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

Entretien du ventilateur:

- protection contre la rouille s'il est situé dehors,
- vérification de l'encrassement de la volute,

- **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,**
- **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.

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.

Mauvais

Talus naturel }
Descente directe du grain } Zone mal ventilée

Bon

Arasement du tas }
Flux de grain éparpillé } Ventilation homogène

Ce qu'il faut faire:

Il faut supprimer le talus naturel en maniant la pelle. Il est également possible de diminuer l'importance de ce talus naturel en plaçant à l'extrémité de la gaine d'alimentation en grain un éclateur de flux (tôle déflectrice orientable comme sur les tonnes à lisier ou cône en tôle fixée pointe en haut), ce qui atténuera le tassement du grain dans la zone centrale.

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 ventilateurs et des séchoirs dans certains cas. Les bruits émis au cours de la nuit représentent un handicap sérieux pour beaucoup d'installations de stockage, 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 posés de chant (creux tournés vers le ventilateur),
- doublage des murs et du toit de l'abri par de la laine de verre apparente, ou des plaques à oeufs alvéolées,
- adaptation sur le ventilateur de montages prévus par les constructeurs (silencieux).

[Murs anti-bruit. Construction neuve.](#)**[Murs anti-bruit. Amélioration de construction existante.](#)****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 les risques d'incendies:

A ce sujet l'incendie n'étant pas le fait d'une génération spontanée, on doit y porter un 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.

2. Ventilation séchante

Il s'agit d'une ventilation particulière qui permet de sécher des céréales humides (jusqu'à 20 % maximum) en cellule ou en case rectangulaire. Cette technique peut être mise en oeuvre à partir de l'installation de stockage de la ferme moyennant certaines modifications et précautions d'emploi.

[Plancher perfore. Cellules Ø 2 m 68 à 6 m 23](#)

[Ventigaines. Cellules Ø 2,68 à 3 m 28](#)

[Venticone. Cellules Ø 2 m 68 à 6 m 23](#)

Contraintes liées aux techniques:**• Débit d'air:**

Cette technique est réservée au séchage des produits légèrement humides (jusqu'à 20 % maximum) céréales à paille et pois dans les régions Nord et sorgho, tournesol, soja, maïs (certaines années) dans le sud.

Le débit d'air à mettre en oeuvre est 5 à 10 fois supérieur à celui d'une ventilation classique, soit 100 à 150 m³ d'air par heure et par m³ de grain.

• Réchauffage:

La ventilation doit être continue, et pour que le pouvoir séchant de l'air soit important en permanence, il faut prévoir un réchauffage de 4 à 5 °C pendant les nuits et les jours à forte hygrométrie.

Le réchauffage peut être obtenu par un petit générateur d'air chaud à fioul ou à gaz d'une puissance de 2 000 à 3 000 kcal/h ou 2,5 à 3 kW de résistances électriques pour sécher 100 quintaux.

• Hétérogénéité de l'humidité:

Le grain situé en fond de cellule ou de case est toujours traversé par de l'air sec, donc il sèche en permanence. Lorsque l'on arrête le séchage à une humidité moyenne de 15 %, le bas risque d'être surséché (12 à 13 %) et le haut sous séché (17 %). Il faut donc limiter la hauteur de la couche de grain à sécher à 3 mètres afin de minimiser les écarts d'humidité.

Ce phénomène impose de mélanger le grain avant la livraison à l'organisme stockeur car à la vidange de la cellule, la première moitié est à une humidité supérieure à la norme commerciale d'où réfaction de

poids et frais de séchage tandis que la deuxième moitié est à une humidité inférieure à la norme commerciale d'où perte de poids sans contrepartie.

Cette ventilation séchante est donc bien particulière, et on ne pourra pas obtenir les mêmes résultats avec une installation de ventilation de refroidissement classique à l'air ambiant, dans laquelle il est impossible de sécher les grains à 14 % en leur conservant une bonne qualité commerciale et technologique.

[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](#)

Lutte contre les ravageurs

- [1. Principaux prédateurs des grains](#)
- [2. Traitement des locaux et du matériel](#)
- [3. Traitement des grains contre les insectes](#)
- [4. Principaux insecticides](#)
- [5. Lutte contre les rongeurs](#)
- [6. Lutte contre les oiseaux](#)

Tout grain, lorsqu'il est stocké en masse est susceptible d'être attaqué par divers prédateurs tels les oiseaux, les

rongeurs et surtout les insectes. Ceux-ci sont peut être les plus dangereux car moins visibles mais ils peuvent occasionner des dégâts importants.

Nous venons de voir dans les chapitres précédents les différents moyens (nettoyage, séchage et ventilation) dont disposent les agriculteurs stockant des grains, pour mettre ces derniers dans des conditions de stockage telles que le développement des insectes soit arrêté. Toutefois, il est toujours possible qu'une infestation se développe si certaines précautions complémentaires ne sont pas prises (nettoyage des locaux et du matériel). Dans ce cas différentes techniques de traitement des grains peuvent être envisagées pour l'utilisation de produits insecticides qu'il faudra judicieusement choisir.

1. Principaux prédateurs des grains:

Les oiseaux:

Les oiseaux les plus couramment rencontrés dans les installations de stockage sont les moineaux, les tourterelles et dans certains cas les étourneaux.

Les rongeurs:

Normalement, peu nombreux dans les endroits habités, ils peuvent se développer dans des proportions importantes surtout dans les exploitations de céréaliculture élevage où l'on trouve des stockages d'aliments et des déjections animales (lieux privilégiés pour la pullulation des rongeurs). Les principales espèces rencontrées sont les souris et les surmulots.

Les insectes:

Les insectes des céréales stockées appartiennent à 2 familles

- **les coléoptères:**
 - les charançons du grain et du riz attaquent surtout les grains entiers. Les adultes pondent des oeufs à l'intérieur du grain et les larves s'en nourrissent.
 - le sylvain se développe plutôt dans les brisures.
 - le tribolium se nourrit de grains cassés et de farine.
 - le capucin attaque les grains entiers en les réduisant en poudre dont s'alimentent leurs larves.
 - le cryptoleste se nourrit surtout des germes.
- **les lépidoptères (papillons):**
 - la teigne des grains tisse un cocon avec 20 à 30 grains de blé dont elle se nourrit.
 - l'alucite pond ses oeufs dans les grains entiers que les larves consomment.

LES PRINCIPAUX INSECTES DES CEREALES STOCKEES (DOC. ITCF-AFNOR).

[Charançon du grain.](#)

[Sylvain.](#)

[Charançon du riz.](#)

[Tribolium.](#)

[Teigne des grains.](#)

[Capucin.](#)

[Cryptoleste.](#)

[Alucite.](#)

2. Traitement des locaux et du matériel:

Avant chaque récolte de céréales, il est nécessaire de vérifier l'état de propreté des locaux, du matériel de manutention et de transport et enfin des machines de récolte.

Les locaux et les cellules de stockage:

Effectuer un brossage énergique des murs, des plafonds et des parois de cellule, ensuite un balayage minutieux du sol ou mieux un nettoyage à l'aide d'un aspirateur. Leurs détritux ainsi rassemblés seront brûlés.

Dans de nombreux cas, (locaux anciens, toiture avec charpente en bois, cases de stockage en parpaings, etc...) le nettoyage mécanique est insuffisant et il faut procéder à une désinsectisation des locaux vides par pulvérisation d'insecticides sur les murs, le sol et les parois de cellules sans oublier la fosse de réception.

Les moyens de transport et de manutention:

Il faut éviter au maximum l'infestation des lots de céréales récoltées saines avant leur mise en cellule.

Les matériels de transport (remorques et camions) seront nettoyés par balayage ou aspiration et traités avec des insecticides, notamment dans le cas de fonds de remorques en bois.

Les appareils de manutention seront eux aussi nettoyés et il faut apporter un soin tout particulier aux pieds d'élévateurs que l'on doit absolument vider intégralement par la trappe prévue à cet effet. Il est recommandé lorsqu'une infestation a eu lieu de traiter avec des insecticides.

Les machines de récolte:

Un bon nettoyage du matériel de récolte après la moisson est indispensable, cela évite que les rongeurs y fassent leur nid pour l'hiver. Avant la moisson, si l'on y détecte la présence d'insectes, il faut là aussi procéder à un traitement insecticide.

3. Traitement des grains contre les insectes:

Plusieurs types de traitements sont possibles, il s'agit de la pulvérisation, de la nébulisation, du poudrage, et des bombes fumigènes. Nous allons passer en revue chacun de ces modes de traitements, avec les appareils qui leurs sont adaptés.

La pulvérisation:

Ce procédé consiste à mélanger l'insecticide dans l'eau et à pulvériser la bouillie ainsi réalisée sur le grain en mouvement.

Le principe du matériel est le suivant: mise sous pression du liquide, grâce à une pompe, pour l'acheminer jusqu'à une buse qui le disperse en fines gouttelettes sur les grains.

Cette technique, de moins en moins employée, est remplacée progressivement par la nébulisation.

La nébulisation:

Elle consiste à enrober le grain en mouvement d'un brouillard extrêmement fin, assurant une répartition de l'insecticide et une homogénéité du traitement, très supérieures à ce qui est obtenu en pulvérisation. Le produit est éclaté et dispersé en très fines particules grâce à son injection dans les buses à l'aide de l'air comprimé.

La nébulisation s'effectue avec des insecticides prêts à l'emploi, donc sans manipulation, ni mélange avec de l'eau, ce qui élimine les sources d'erreurs de dosage.

Le point de traitement idéal se situe dans les pieds d'élévateur à godets ou dans tout autre endroit où le flux de grain « éclate ».

Points de nébulisation recommandés sur un pied d'élévateur à godets.

Le poudrage:

Cette pratique est en voie de disparition et n'est envisageable que dans des cas particuliers et en dernier recours. La valeur de ce traitement est liée à la répartition de la poudre dans la masse de grain. Cette répartition est en général très mauvaise, certains endroits traités étant sous-dosés, d'autres sur-dosés.

Les bombes fumigènes:

Il s'agit de bombes fumigènes renfermant des associations d'insecticides notamment du dichlorvos et du malathion.

Elles sont utilisées lorsqu'il est impossible de mettre en mouvement le grain à traiter.

On introduit les bombes enflammées dans les gaines de ventilation alors que le ventilateur fonctionne et lorsque la fumée apparaît en haut de la cellule on arrête la ventilation et on couvre le haut du tas avec une bâche plastique. Il ne faut pas attendre de résultats parfaits de cette technique.

Nous citerons pour information la fumigation qui consiste à injecter des gaz très toxiques dans des cellules étanches. Cette technique n'est praticable qu'en organisme stockeur avec du matériel approprié et par un personnel qualifié.

4. Principaux insecticides:

Il existe deux types d'insecticides caractérisés par leur persistance d'action c'est-à-dire la durée pendant laquelle le produit demeure efficace vis-à-vis des ravageurs.

- **Les produits à action persistante sont les plus nombreux. Leurs doses d'application et leurs durées d'action sont précisés dans le tableau ci-après.**

Ce sont:

- **le malathion,**
- **le chlorpyriphos méthyl,**
- **le pyrimiphos méthyl,**
- **la bioesmétrime,**

Tous ces produits ne sont actifs que sur les adultes présents en surface des grains, leur rémanence peut être fortement réduite en cas de teneur en eau du grain supérieure à 15,5 % où dans les zones sujettes à réhumidification (le long des parois ou dans la couche supérieure des cellules métalliques extérieures soumises à une forte insolation).

- **Il n'existe actuellement qu'un produit à action choc et fugace: le dichlorvos ou DDVP. Sa particularité est de tuer adultes, larves et oeufs, grâce à sa très forte tension de vapeur, au moment du traitement.**

Mais ces caractéristiques physiques font que la matière active a complètement disparu au bout de quelques jours. Ce produit est à réserver au traitement de lots très contaminés à la réception, ou pour la commercialisation des grains à la norme « zéro insecte vivant ».

On trouve également des spécialités mixtes associant le DDVP à un insecticide à action persistante mais leur

efficacité est loin d'être parfaite dans la mesure où les doses respectives de chaque constituant sont moitié par rapport à la dose normale efficace, ceci afin de ne pas dépasser la dose totale homologuée de produit actif.

Le mode de traitement insecticide (choix du produit, époque du traitement) dépend de la situation dans laquelle se trouve le grain au début du stockage et de la durée prévue de sa conservation.

Dans tous les cas, si le lot est infesté avant la mise en cellule, il faut traiter avec un produit à « effet choc ». Ensuite si les conditions climatiques de l'hiver le permettent, la ventilation de refroidissement peut être considérée non seulement comme une technique de prévention de la pullulation des insectes, mais encore comme une technique de désinsectisation. En effet, le froid tue les insectes à condition que la température des stocks puisse être maintenue en dessous de 5 °C pendant au moins 2 mois et demi. Une ventilation de refroidissement bien conduite équivaut, ou dépasse même en efficacité, les traitements insecticides à action persistante.

Lorsque le climat ou les caractéristiques techniques de l'installation de stockage ne permettent pas d'atteindre un tel niveau de refroidissement un traitement chimique du type rémanent permet de prémunir le grain environ 6 mois contre toute infestation.

S'il est nécessaire de traiter avant expédition, ce sera uniquement avec le DDVP.

Pour l'utilisation de ces différents produits, il est indispensable de suivre les conseils d'emploi indiqués sur les emballages, il ne faut pas oublier que ce sont des matières très toxiques.

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES SPECIALITES INSECTICIDES UTILISABLES SUR GRAINS.

Type d'insecticide	Matière active	Dose homologuée	Mode d'action	Mise en oeuvre	Action quand il est sur grain attaque	Particularité

					Adulte	Oeufs-Larves	
Contact Action persistante	Bioresméthine + Butoxyde de pipéronyle	1,5 g/t	Par le dépôt laissé sur le grain	Enrobage de chaque grain par pulvérisation nébulisation sur grain en mouvement	Action efficace mais lente pouvant aller jusqu'à quelques jours	Aucune action dans l'immédiat mais la forme cachée sera atteinte à sa sortie si le dépôt a encore une action insecticide	Rémanence 6 mois
	Chlopyriphos-méthyl	2,5 g/t					Rémanence 6 mois
	Malathion	8 g/t	Très peu ou pas d'effet de vapeur				Rémanence 6 mois
	Pyrimiphos-méthyl	4 g/t	Aucune pénétration dans le grain				Rémanence 6 mois
Contact Action immédiate (choc)	Dichlorvos (DDVP)	10 g/t	Très peu par dépôt Effet de vapeur marqué		Action efficace très rapide qq heures	Agit sur une partie des formes cachées	Bon effet vapeur
Contact Action mixte	Combinaisons de doses partielles (persistant + DDVP)		Par dépôt + Effet de vapeur		Action efficace de quelques heures à qq jours	Très peu	Addition partielle des effets choc et rémanence

5. Lutte contre les rongeurs:

Le meilleur des traitements est tout d'abord la propreté générale du site complétée par la présence de chats. Si cela s'avère insuffisant il existe une gamme de produits chimiques efficaces contre les rongeurs. Il est nécessaire de changer de produits pour conserver un caractère attractif à l'appât. Il faut faire très attention à ces raticides car un certain nombre d'entre eux sont mortels pour l'homme et les animaux domestiques. On trouve également des petits émetteurs d'ultra sons inaudibles par l'oreille humaine mais qui provoquent chez les rongeurs des troubles cérébraux les forçant à s'éloigner.

6. Lutte contre les oiseaux:

Les dégâts causés par les oiseaux dans les cellules de stockage sont en général peu importants. Il est possible de s'en prémunir en recouvrant le grain d'un filet à mailles fines disposé à 10 ou 20 cm au-dessus du tas.

Pour le stockage en cribs, le problème est plus délicat il est pratiquement impossible d'empêcher totalement les attaques d'oiseaux, cependant une fois que les grains situés à la périphérie ont été enlevés, les rafles devenues apparentes protègent le reste du crib.

[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](#)

Adresses des constructeurs et organismes cités dans l'ouvrage

AFNOR: Association Française de Normalisation, Tour Europe Cedex 7, 92080 Paris-la-Défense

Tél: 47 88 11 11

AGPM: Association Générale des Producteurs de Maïs, 122, bd Tourasse, 64000 PAU

Tél: 59 27 22 37

STÉ ALVAN BLANCH: BP 30, 91490 Milly-la-Forêt

Tél: 64 98 82 23

STÉ AVERY WEILLER S.A.: B.P. 2, Torteron, 18320 Jouet-sur-L'Aubois

Tél: 48 76 46 13

STÉ BERNARD: 27220 Saint-André

Tél 32 34 30 87

STÉ BLET AGRI: 6, Rue du Tintoret, 92600 Asnières

Tél 47 33 82 24

CETIOM: Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains, 174, Avenue Victor Hugo, 75016 Paris

Tél: 45 05 14 23

STÉ CGI: 4 à 8, rue Van de Maele, B.P. 12, 95310 Saint-Ouen-L'Aumône

Tél: 34 64 11 73

Chambre d'Agriculture d'Eure et Loir, 10, rue Dieudonné Costes, 28024 Chartres Cedex

Tél: 37 24 45 45

STÉ COMIA FAO: 27, bd Chateaubriand, 35500 Vitré
Tél: 99 75 20 97

STÉ CRIMIA: Route de Lyon, 69380 LOZANNE
Tél. 78 43 04 08

STÉ CR2E: 25, Rue des Sablons, 77300 Fontainebleau
Tél: 64 22 06 34

STÉ DAGUET: B.P. 1, Sours, 28630 Chartres
Tél: 37 25 77 82

STÉ DAMAS (représentée par STÉ SIMON): 8, Rue des Oziers, B.P. 669, Saint-Ouen-L'Aumône, 95004 Cercy
Tél: 30 37 64 29

STÉ DENIS, Route de Chartres, 28160 Brou
Tél: 37 47 05 08

STÉ EUROMAT SARL:
Z.I. DE Saubion, 40230 St-Vincent-de-Tirosse
Tél: 58 77 44 52

FFCAC: Fédération Française des Coopératives Agricoles de Céréales, 11, rue des Halles, 75001 Paris
Tél: 42 33 50 97

FNAMS: Fédération Nationale des Agriculteurs Multiplicateurs de Semences, Brain-sur-L'Authon, 49800 Trelaze
Tél: 4154 96 96

STÉ FOSS ELECTRIC FRANCE: 35, Rue des Peupliers, 92000 Nanterre
Tél: 47 80 61 59

STÉ GEC COMPOSANTS S.A.: 92600 Asnières
Tél 47 90 62 15

STÉ GEOFFROY: 69, faubourg de la Baratte, 58000 Nevers
Tél 86 59 00 77

STÉ INTERDETECTEURS: 78490 Montfort L'Amaury
Tél: 34 86 10 47

ITCF: Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 8, avenue du Président Wilson, 75116 Paris
Tél 47 23 55 13

ITP Institut Technique du Porc, 149, rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12
Tél 40 04 50 05

STÉ JANODET S.A.: 34, Rue Desbordeaux, 02200 Soissons
Tél. 23 53 02 40

ETS LAFFINEUR François: 161, Rue de Charonne, 75011 Paris
Tél 43 48 89 16

STÉ L'AGRONIQUE: Les Christopes, 28520 Sorel Moussel
Tél 37 41 81 64

STÉ LAW: 5, Avenue du Général de Gaulle, 60304 Senlis

Tél: 44 60 03 00

STÉ LEREBOURG: Ypreville Viville, 76540 Valmont

Tél: 35 29 84 98

STÉ LODI: 12, bis rue de Rouen, 95450 Le Bord'Haut-de-Vigny

Tél 30 39 28 44

STÉ LORIN: B.P. 42, Zone Industrielle, 27130 Verneuil/Avre

Tél 32 32 01 18

STÉ MORILLON: Route de May/Evre, Andrèze, 49600 Beaupreau

Tél: 41 56 50 14

STÉ OMNIUM: 109, Avenue Gallouédec, 45400 Fleury-les-Aubrais

Tél: 38 61 42 36

ONIC: Office National Interprofessionnel des Céréales, 21, Avenue Bosquet, 75007 Paris

Tél 45 55 92 04

STÉ PHENIX-ROUSIES: 14, Rue des Tulipes, 59330 Hautmont

Tél 27 64 08 82

STÉ POUYAUD: B.P. 47, 69220 Belleville/Saône

Tél 74 66 18 93

STÉ PRECIA: B.P. 106, 07001 Privas Cedex

Tél 75 64 00 44

STÉ PRIVE: 63, Rue Victor Hugo, 94701 Maisons Alfort
Tél 43 75 94 00

ETS REDDE: Avenue du Président Coty, 21400 Châtillon-sur-Seine
Tél: 80 91 03 44

STÉ ROULIN: 80, Route Nationale, 28140 Orgères-en-Beauce
Tél: 37 99 81 04

STÉ SAMAP: 1, rue du Moulin, 68600 Andolsheim
Tél: 89 71 46 36

STÉ SERDIA: 20, Avenue Marcelin Berthelot, 92390 Villeneuve-la-Garenne
Tél 47 98 00 11

ST TECHNICON INDUSTRIE: B.P. 10, 95330 Domont
Tél 49 91 92 12

STÉ TRAYVOU: 9, Rue Chardigny, 69350 La Mulatière
Tél: 78 51 67 67

STÉ TRIPETTE ET RENAUD: Z.I. du Val de Seine, 20, Avenue Marcelin, Berthelot, 92390 Villeneuve-la-Garenne
Tél: 47 98 60 02

Cette brochure a été réalisée par l'ITCF. Rédaction: G. NIQUET sous la direction de J.C. LASSERAN.

Texte et tableaux: Melle E. BRISEMEUR, Dessins, maquette: F. HAUDEBAULT (graphiste), Martine GIBAN (Service

Comm. ITCF).

Comité de lecture: P.BERHAUT, A. LE BRAS, C. LELONG, M. LEUILLET (ITCF), X. GAUTIER (AGPM), J. DUBALEN (IGERBCMEA), J.B. LECLERCQ (Chambre d'Agriculture d'Eure et Loir), M. IMBAULT (agriculteur à Malesherbes, 45), J.F. DEPRET (agriculteur à Farbus, 62), R. LAFOURCADE (agriculteur à Sauvagnon, 64), J.C. CHIBARIE (agriculteur à Beaumont sur Lèze, 31).

INSTITUT TECHNIQUE DES CÉRÉALES ET DES FOURRAGES

8, avenue du Président-Wilson, 75116 PARIS

652 - Imprimerie Bayeusaine - ISBN 2.86492.082.4 - Dépôt légal: mars 1989 - 7401 - TEC.10 -

Réf. 06.13

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