

[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](#)

7.3.2. Fumigation

La fumigation consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique. Ce gaz appelé fumigant tue les insectes s'il est maintenu suffisamment longtemps à une certaine concentration au contact des grains. L'intérêt majeur de la fumigation est la faculté du gaz insecticide de pénétrer à l'intérieur du grain et donc de détruire les oeufs, larves et nymphes qui s'y développent.

7.3.2.1. *Notions de bases*

a) DÉFINITION DU FUMIGANT

«Substance qui à une température et à une pression données peut être

produite sous forme gazeuse à une concentration mortelle pour une espèce vivante donnée».

- Les gaz *diffusent* plus ou moins rapidement en fonction de leur densité et de la température.
- Une partie des gaz peut être adsorbée, c'est-à-dire rester fixée à la surface des denrées et sans action sur les insectes. Une partie peut, plus rarement, être absorbée à l'intérieur de la denrée (si elle y réagit chimiquement il peut alors y avoir formation de résidus...).

Plus la surface de contact grain-pz est grande plus l'adsorption est importante (petits grains, cellule remplie, grain rugueux...). L'adsorption augmente lorsque le dosage, la teneur en eau, le temps de contact augmentent. Elle diminue lorsque la température augmente.

b) NOTION DE CONCENTRATION × TEMPS

Cette notion est essentielle pour bien mener la fumigation, Pour une espèce

d'insecte donnée et pour une température donnée de la denrée, la donnée de base est la concentration effective en gaz et le temps pendant lequel elle agit. Le produit concentration x temps - appelé C.T. - est exprimé en mg x h/l (ou g x h/m³).

Le C.T. peut être représenté comme suit:

[Fig. 223: Représentation du C.T. théorique.](#)

Remarque:

La concentration effective étant la seule efficace, il doit être tenu compte des fuites au cours du gazage et de la sorption de la denrée pour déterminer la dose à appliquer.

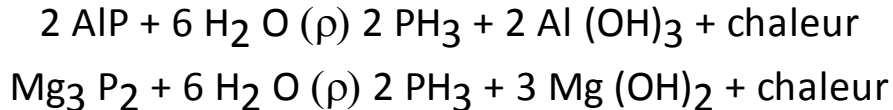
7.3.2.2. Fumigants

Les fumigants les plus employés sont actuellement le phosphore d'hydrogène ou phosphine (PH₃) et le bromure de méthyle (CH₃ Br).

a) LE PHOSPHURE D'HYDROGÈNE (PH₃)

- *Présentation*

Le PH, est produit par réaction entre un phosphure métallique (phosphure d'aluminium ou de magnésium) et l'eau atmosphérique:



Les réactions, très exothermiques, sont ralenties en associant du carbamate d'ammonium et de la paraffine au phosphure métallique.

Il est commercialisé sous différentes présentations:

[Fig. 224: Différentes présentations du PH₃.](#)

Il existe également des plaquettes:

- Phosphore d'aluminium (90 g de produit contenant 30 g de m.a.).
- Phosphore de magnésium (206 g de produit contenant 33 g de m.a.).

- *Principales propriétés*

- Le PH_3 a une masse volumique proche de celle de l'air: 1,4 g/l (1 g/m³ correspondra à environ 700 ppm)
- Il est très faiblement soluble dans l'eau et les graisses. Il peut donc être utilisé sur les produits oléagineux, le cacao et les produits frais.
- Il est instable en dépression; on ne peut donc pas l'utiliser en chambre à vide.

C'est un gaz qui diffuse très bien. Cette qualité intéressante pour le traitement pose cependant des problèmes d'étanchéité de l'enceinte. En effet sa molécule très petite (quelques Angströms) lui permet de traverser aisément le banco, la brique, le béton... Par contre, il est bien arrêté par les

bâches plastiques, les peintures plastiques... (une barrière plastique de quelques centaines de microns d'épaisseur est plus efficace que plusieurs dizaines de centimètres de béton).

Il réagit très peu chimiquement (pas de résidus) mais attaque certains métaux dont le Cuivre. Lors de son emploi on devra donc veiller à la protection des installations électriques, des moteurs...

- Dose d'application

En zones tropicales où les températures des produits peuvent atteindre 25° C - 30° C, des doses de 1 à 2 g/m³ pour un traitement de trois jours devraient être efficaces. C'est, comme nous l'avons déjà signalé, **le volume total de l'enceinte à fumiguer qui est à prendre en compte et non pas le tonnage de produit.**

Lorsque l'on dispose de temps pour procéder au traitement, on aura toujours intérêt à traiter à petite dose pendant longtemps plutôt qu'à haute dose pendant peu de temps. Cela permet d'économiser du produit mais surtout

d'utiliser une plus faible concentration plus facilement atteinte malgré d'éventuelles fuites. D'autre part, à doses trop fortes, il peut y avoir un effet narcotique sur les insectes mais pas de mort.

PRINCIPALES VALEURS DONNÉES PAR LES TABLES DE WAINMAN - C.T. en g x h/m³

à 25° C pour	2 jours	4 jours	7 jours	10 jours
<i>Sitophilus zeamaïs</i>	142	87	45,8	4,8
<i>Trogoderma granarium</i>	38	30,6	13,6	4,8
<i>Plodia interpunctella</i>	77	3,3	3,7	4,8
<i>Ephestia cautella</i>	77	3,3	3,7	4,8

Prenons par exemple *Sitophilus zeamaïs*:

A 25° C, pour une fumigation de 4 jours le C.T. est de 87 donc la concentration à appliquer sera: $C = 87/(4 \times 24) = 0,9 \text{ g/m}^3$ arrondi à 1 g/m^3 .

Une deuxième raison milite en faveur d'un temps de fumigation assez long. Si, dans des conditions normales, la libération du gaz a lieu 30 mn à 1 h après que l'on ait introduit les pastilles, il arrive que dans une atmosphère très sèche, le produit commercial ait du mal à se décomposer pour libérer le gaz. Ce problème peut survenir en régions sahéliennes. Selon le TSPC il faut, avec des grains (mil) à 35° C et 7,5 % d'humidité, 96 heures pour obtenir des concentrations maximum en PH₃. Si l'on accélère le dégagement en humidifiant les tas par une pulvérisation aqueuse il faut malgré tout 72 h pour atteindre la concentration maximum.

Au Sahel, on a donc intérêt à prévoir des temps de fumigation au PH₃ d'au moins 4 à 5 jours.

La société DEGESCH propose maintenant des plaquettes à base de phosphore de magnésium signalées comme se décomposant bien en milieu sec.

b) LE BROMURE DE MÉTHYLE (CH₃ Br)

- *Présentation*

Gaz fréquemment utilisé pour les fumigations, le bromure de méthyle est commercialisé sous forme liquide en bouteilles de 20 ou 40 kg. Le liquide est vaporisé par réchauffage. 1 kg de liquide donne 250 l de gaz (donc 1 g de $\text{CH}_3\text{Br}/\text{m}^3 = 250 \text{ ppm}$).

- *Quelques propriétés*

- **Gaz plus lourd que l'air: 4 g/l (air: 1.3 g/l) il nécessite une homogénéisation pour pénétrer le grain.**
- **Il est insoluble dans l'eau mais soluble dans les graisses ce qui peut poser des problèmes de résidus sur oléagineux et cacao.**
- **Incolore et inodore, il est difficilement décelable. On lui ajoute souvent un avertisseur: la chloropicrine (lacrymogène).**
- **Il est beaucoup Plus sorbé que le PH_3 (environ 30 %), et contrairement à ce dernier il est assez bien arrêté par la maçonnerie, les briques plates et le plâtre (molécule plus grosse).**

- Il attaque l'aluminium et le magnésium, et sous forme liquide c'est un excellent solvant; les conduites devront être en Rilsan ou en caoutchouc, ou en téflon.

- Dosage

L'action sur les insectes est plus rapide que celle du PH_3 . A 20°C le C.T. est en général de $150\text{-}200 \text{ g x h/m}^3$ et à 30°C de 40 à 70 g x h/m^3 . Dans la pratique les doses appliquées sont plus élevées, de l'ordre de 15 à 20 g/m^3 pendant 16 à 24 h soit plus de 300 g x h/m^3 . Les insectes sont tués en 10 à 12 heures.

Contrairement au PH_3 , le bromure de méthyle peut avoir une action phytotoxique sur les semences. Des problèmes pourront apparaître si la teneur en eau des semences est trop forte, si la température est trop forte, si la durée de la fumigation est trop longue (il ne faut pas dépasser 24 h), et enfin si la dose est trop élevée ($> 40 \text{ g/ m}^3$).

A trop forte dose, le bromure de méthyle peut également laisser un goût aux farines.

COMPARAISON BROMURE DE MÉTHYLE/PHOSPHURE D'HYDROGÈNE

Présentation	Bromure de méthyle CH ₃ Br	Phosphure d'hydrogène PH ₃
	Liquide en bouteilles	Pastilles, pilules, plaquettes
Application du produit	Matériel spécial	Simple: mise en place des pastilles
Sur céréales en mouvement	Non	Oui
Diffusion dans les grains	Moyenne (recyclage nécessaire)	Bonne
Pénétration dans produits emballés	Bonne	Excellente
Résidus	Éventuellement, mais peu	Pas de résidus
Phytotoxicité sur	Possible à forte dose	Aucune

semences		
Durée fumigation	12-24 h	3-5 jours minimum (5 jours en zone très sèche)

7.3.2.3. Méthodes de fumigation

a) FUMIGATION SOUS BÂCHES

C'est une technique très utilisée pour le traitement des denrées en sacs ou le traitement de petites cellules de stockage en vrac. Ne nécessitant l'emploi que de matériels mobiles, elle est très pratique et permet de s'adapter à des situations diverses,

Il existe de nombreux types de bâches de différentes tailles et différentes épaisseurs. On peut utiliser des bâches simples en polyéthylène ou des bâches armées de nylon recouvert de néoprène, de chlorure de polyvinyle (PVC) ou de caoutchouc synthétique. Les épaisseurs sont variables, mais pour les bâches en polyéthylène en général 150 μ à 200 μ . Pour le PH, il est préférable d'utiliser par exemple deux bâches de 100 μ superposées plutôt

qu'une seule de 200 μ .

Les bâches sont jointes entre elles par recouvrement sur 1 m de largeur et enroulement. Elles doivent reposer sur le sol sur une largeur de 65 cm à 1 m. L'étanchéité avec le sol peut être réalisée avec du sable (c'est la meilleure solution mais elle n'est pas toujours possible) ou plus souvent avec des boudins plastiques remplis de sable. Pour rester maniables ces boudins auront 10 cm de diamètre et pas plus d'un mètre de longueur.

- *Gazage au PH₃*

Après avoir calculé le volume recouvert par la bâche et défini la dose, on peut connaître la quantité de produit commercial à utiliser.

Considérons que l'on traite contre *Sitophilus zeamais* un lot de 50 m³ à 25° C, et que l'on prévoit 7 jours de fumigation. On retient la dose de 1 g/m³. Il faudra 1 g/m³ x 50 m³ = 50 g de PH₃.

Si l'on utilise des pastilles (3 g de produit commercial contenant 1 g de PH₃) il

faudra 150 g de produit commercial soit 50 pastilles. Ces dernières étant vendues en tubes de 30 unités, on devra utiliser 2 tubes soit 60 pastilles (tout tube ouvert doit être intégralement vidé).

Pour traiter des grains en sacs, les comprimés sont répartis régulièrement autour de la pile. Dans les céréales en vrac, les comprimés sont placés dans la masse à l'aide d'une canne sonde injectrice.

Mesure de la concentration en PH₃

A partir de plusieurs points de mesure répartis dans le tas et reliés à l'extérieur par de fins tubes plastiques, il est possible de suivre l'évolution de la concentration du fumigant en employant: soit des tubes réactifs gradués en ppm (100 à 1000 ppm), soit un appareil spécial appelé phosphinomètre ou fumigamètre.

[Fig. 226: Tubes réactifs. \(Doc. DRAGER.\)](#)

[Fig. 227: Produit Concentration - Temps.](#)

Exemple (Fig. 227):

C.T. théoriquement appliqué = $1 \text{ g/m}^3 \times 168 \text{ h} = 168 \text{ g.h/m}^3$

C.T. réel = $(0,85 \times 96)/2 + [(0,85 + 0,3) (168-96)]/2 = 82,2 \text{ g.h/m}^3$

C.T. requis = $0,3 \text{ g/m}^3 \times 168 \cong 50 \text{ g.h/m}^3$

Le C.T. appliqué est donc bien supérieur au C.T. requis.

Sécurité: Pendant la fumigation, des pancartes doivent avertir qu'un produit dangereux est utilisé. Après la fumigation, le dégazage s'effectue en ôtant la bâche. Cette opération est réalisée en deux temps:

- on soulève et replie la bâche sur un côté ou deux côtés opposés du tas pour permettre une première aération,**
- après un laps de temps (1 h), la bâche est totalement retirée.**

Pendant le dégazage les locaux doivent être bien aérés.

- *Gazage au bromure de méthyle*

La technique de bâchage est la même, mais il existe plusieurs méthodes de distribution du produit.

- **Pulvérisation directe sur le tas**

Cette pulvérisation de bromure liquide peut s'effectuer au moyen d'une rampe de pulvérisation en rilsan ou nylon avec petit gicleur en cuivre disposé dans une rigole métallique en haut du tas.

- **Gazage avec tuyau coulissant**

Le tuyau étant placé au plus loin sous la bâche, la dose est répartie en le retirant progressivement.

- **Gazage par injection sur un point chaud**

Le bromure de méthyle liquide est vaporisé dans un petit récipient réchauffé par de l'eau chaude ou par une résistance électrique. La diffusion est améliorée en prévoyant un petit ventilateur axial (1 renouvellement horaire

de l'enceinte) tournant pendant 1 à 2 h.

[Fig. 228: Injection de bromure liquide sur un point chaud. \(Schéma CEEMAT.\)](#)

• Gazage directement sous forme gazeuse

Le bromure de méthyle est injecté sous forme gazeuse. De petits ensembles généralement mobiles sont prévus à cet effet, ils sont constitués:

- * d'une bouteille de bromure de méthyle liquide,**
- * d'un bromidoseur,**
- * d'un réchauffeur.**

Le réchauffeur est un serpentín de cuivre plongé dans une eau glycéinée, réchauffée par un brûleur à gaz (propane par exemple).

A la sortie du réchauffeur le bromure de méthyle doit être gazeux, est injecté à une pression de 3 à 6 bars.

Enfin il est prévu un système de ventilation au niveau de l'introduction du gaz

dans l'enceinte (5 renouvellements horaires).

[Fig. 229: Matériel mobile de gazage. \(Schéma CEEMAT.\)](#)

Mesure de la concentration

Elle s'effectue au moyen d'un analyseur de gaz (catharomètre) qui mesure la thermoconductivité du bromure de méthyle (3 fois supérieure à celle de l'air). L'appareil donne directement la mesure en ppm.

[Fig. 230: Schéma de la mesure de la concentration en gaz.](#)

[Fig. 231: Courbe de la concentration en CH₃Br.](#)

Les mesures s'effectueront 1/2 heure après le gazage, à la moitié de la fumigation (12 h) et à la fin (24 h).

On pourra ainsi vérifier la valeur du C.T. appliqué (sous réserve que les points de mesures aient été correctement répartis (haut - milieu - bas - en diagonale)).

La détection des fuites peut se faire au moyen d'une lampe à halogénure. En présence de gaz, la flamme bleue vire au vert.

Dégazage

Le temps de dégazage peut être plus long qu'avec le PH₃ car le bromure de méthyle sorbe beaucoup plus. Il faut donc attendre que tout le gaz sorbé se libère. Le responsable de la fumigation doit indiquer quand la reprise, sans risques des activités sur les lieux de stockage, est possible. En pratique la durée du dégazage est sensiblement égale à celle de la fumigation.

b) SYSTÈMES DE FUMIGATION SPÉCIALISÉS

- Les chambres de désinsectisation

La chambre doit être étanche aux gaz (en prenant un soin particulier pour l'étanchéité de la porte), de hauteur réduite pour utiliser au mieux le volume total, placée dans un endroit aéré et éloigné des locaux d'habitation.

L'étanchéité est assez facile à réaliser en prévoyant des revêtements plastiques sur les murs (peinture plastique). Pour les accès, il existe des portes métalliques spécialement conçues pour être étanches, mais on peut également prévoir de simples portes en contre-plaqué marine par exemple bien étanchéifiées (utilisation de bandes adhésives de 5 à 8 cm de large). Une bonne étanchéité permet de diminuer les doses appliquées.

Un système de ventilation interne assure une bonne homogénéisation du mélange air-fumigant. Le mélange, aspiré au niveau du sol est renvoyé par un ventilateur au niveau supérieur de la chambre (Cf. fig. 232). Le gazage et le dégazage sont des opérations aisées.

L'inconvénient de ces installations est d'être fixes - il faut donc y amener le produit à traiter - et de n'offrir aucune souplesse quant aux quantités à traiter. Enfin, elles représentent un investissement important.

[Fig. 232: Schéma d'équipement mixte silo et chambre. \(Doc. SPAM.\)](#)

- Fumigation en silo spécialisé

Dans les installations de stockage en vrac, il est conseillé de prévoir une cellule et hôpital» étanche équipée pour le traitement des grains. Dans la plupart des cas une cellule pouvant contenir 1/30 du stock total de l'installation est suffisante. Pour être étanches, les cellules doivent être en tôle soudée ou béton vibré. L'air est recyclé par un turboventilateur qui l'aspire au sommet de la cellule et le refoule, additionné de fumigant, à la base. Le renouvellement de l'air doit être de 10 fois le volume de la cellule par heure. En 1 h le fumigant est convenablement réparti dans la masse de grains. La durée du traitement est de 24 h. En pratique, peu de silos sont équipés de ce type de cellule, c'est pourquoi, le plus souvent, pour le traitement en silo, l'emploi de comprimés de PH₃ est plus aisé.

Les pilules sont introduites soit manuellement avec des cannes sondes spéciales pour les cellules de faibles hauteurs (5 à 8 m); soit à l'aide de distributeurs automatiques de comprimés qui, au moment du chargement de la cellule, libèrent régulièrement les comprimés dans le grain au niveau des appareils de manutention (bandes transporteuses, redler). Cependant, comme le temps de remplissage peut être long (6 à 7 h pour remplir une

cellule de 1000 t à 150 t/h), et que les premières pastilles introduites peuvent libérer leur gaz après 1 à 2 h, il est nécessaire, pour la sécurité, de prévoir un système d'extraction des gaz pendant la période de remplissage.

Les cellules doivent être équipées d'un système de ventilation pour le dégazage. Il faut prévoir d'importants débits d'air: 60 à 100 renouvellements horaires. Le dégazage peut durer plus ou moins longtemps en fonction de la sorption. Le gaz est évacué dans l'atmosphère où il se dilue et se dégrade naturellement.

- Fumigation sous vide

C'est une technique très rapide qui fait appel à des installations spécialisées le plus souvent montées dans des centres d'expédition. Us sacs sont placés dans des autoclaves, généralement en acier, résistant à la pression. Des pompes puissantes font le vide en 10 à 15 mn et l'air est remplacé par des vapeurs de bromure de méthyle qui pénètrent profondément dans les sacs. Le traitement dure entre 1 h 30 et 3 h (usines à Abidjan-Douala-Lomé...).

Cette technique, très efficace, demande cependant un appareillage coûteux qui se révèle souvent sous-dimensionné pour traiter tous les apports. Même si la puissance des stations était à l'échelle des besoins, les problèmes de manutention et de transport resteraient un obstacle sérieux à l'adoption généralisée de cette technique laquelle, par ailleurs, est inutilisable avec le PH3 qui a l'inconvénient d'exploser sous vide.

7.3.2.4. Protection contre les fumigants

Les fumigants sont des produits très dangereux qui ne peuvent être utilisés que par des équipes spécialisées averties et correctement formées.

- Le phosphore d'hydrogène

Le PH, est un poison des cellules vivantes et agit au niveau de l'appareil respiratoire. A faible concentration il produit des troubles digestifs et une gêne respiratoire; il est rapidement mortel. à 2 000 ppm et létal à partir de 300 ppm. Son odeur «métallique» caractéristique est perceptible à partir de 1 à 3 ppm et permet d'alerter l'individu averti.

- *Le bromure de méthyle*

Il agit au niveau des cellules nerveuses et les premiers symptômes sont le picotement des yeux (chloropicrine) suivi de mouvements anormaux, de convulsions et enfin de corna. Dès qu'un individu présente des difficultés de prononciation il doit être aussitôt évacué à l'extérieur du lieu de fumigation. C'est un gaz «sournois» car il n'a pas d'odeur. C'est pourquoi on lui ajoute de la chloropicrine (produit lacrymogène).

Plus lourd que l'air, il aura tendance à s'accumuler sur le sol ou dans les bottes des ouvriers où il provoquera, par contact, des brûlures des membres.

Pour déceler ces fumigants on utilise une lampe à halogénure pour le bromure de méthyle et, pour le PH₃ des tubes réactifs appropriés pour les faibles concentrations (0,1 à 100 ppm).

Matériel de protection

- protection des mains: gants en néoprène,**

- **protection respiratoire: elle sera assurée par un masque à gaz (Fig. 235). Il existe différents types de masques, allant des masques protégeant le nez et la bouche, aux masques intégraux. Pour un traitement au bromure de méthyle une visière est nécessaire pour protéger les yeux.**

Les cartouches à adapter sur les masques contiennent un élément actif spécifique pour retenir chaque gaz toxique. Elles portent une référence (lettre caractéristique), une date de péremption et sont de couleur caractéristique.

Exemple:

Produit	Lettre caractéristique	Couleur
Bromure de méthyle	A	marron
PH ₃	B	grise

Il existe des cartouches mixtes A et B (marron et grise) pouvant donc être utilisées pour les deux gaz, mais elles ont une moins grande autonomie que

les cartouches spécifiques.

Une cartouche dure environ 30 mn. Dès que l'opérateur commence à sentir le fumigant la cartouche est saturée (cet avertissement n'est pas toujours évident avec le CH₃ Br).

Certaines cartouches contiennent en plus un filtre pour les matières en suspension. Rappelons que les masques antipoussières sont totalement inefficaces pour protéger contre les fumigants.

Rappelons aussi que pour les traitements de contact comme le poudrage ou la pulvérisation, des masques sont également nécessaires, des cartouches filtrantes sont prévues à cet effet.

[Fig. 233: Demi-masque simple. \(Doc. DRAEGER.\)](#)

[Fig. 234: Cartouche gaz + matière en suspension. \(Doc. DRAEGER.\)](#)

Conclusion:

Nous venons de voir succinctement quels étaient les systèmes de fumigation et les produits utilisés.

La fumigation permet donc un traitement curatif total de la denrée; toutes les formes d'insectes sont tuées. Cependant ce traitement n'a aucune persistance, c'est-à-dire que dès la fumigation terminée, des insectes peuvent venir réinfester le lot et recommencer à se développer dans les stocks. Pour éviter cette réinfestation on peut cependant envisager de recouvrir les piles avec des bâches en coton ou en plastique.

Résumé: CRITÈRES DE CHOIX DU TYPE DE TRAITEMENT INSECTICIDE

fumigation	insecticides de contact
- denrée emballée	- pas d'étanchéification possible des structures
- traitement curatif immédiat	- pas d'équipement de fumigation
- manutention impossible	- pas de technicité (niveau pay san)

- pas de résidus sur denrées alimentaires (ex.: cacao)	- traitement rémanent
<i>Avantages:</i>	<i>Avantages:</i>
- traitement curatif total	- protection dans le temps
- peu ou pas de résidus	- rémanence 6 mois, avec pyrimiphos-méthyl
<i>Inconvénients:</i>	<i>Inconvénients:</i>
- enceintes étanches	- les formes cachées ne sont pas détruites (important pour les semences)
- homogénéisation nécessaire avec CH ₃ Br	- répartition de l'insecticide par fois difficile
- produit très dangereux. Nécessité d'une bonne étanchéité	- risques éventuels de résidus
- traitement curatif: risque de réinfestation	

Dans la mesure du possible, il est évident qu'un emploi des deux techniques combinées constitue une bonne solution, par exemple: fumigation dès réception puis traitement par insecticides de contact.

7.3.3. Magasins fumigables

Pour lutter contre les insectes, des magasins fumigables ont été construits. C'est le cas notamment au Sénégal où, pour lutter contre *Trogoderma granarium* ravageant les stocks de mil et sorgho. Plusieurs magasins de ce type (6 000 t de stockage) (Fig. 235) ont été construits dans la région de Thiès.

Description

- *Capacité* : 500 t 1000 t
- *Dimensions* (L x : 20 x 14,50 x 4,40 40 x 14,50 x 4,40
l x h)
- *Sol* : sur remblai compacté, dalle de 12 cm, en béton armé avec joint de dilatation bitumeux.
- *Élévation* : assomérés creux de 15 cm enduits 2 faces avec

- *Elevation* : agglomeres creux de 19 cm épais 2 faces avec, intérieurement, revêtement au plâtre et peinture plastifiée.
- *Charpente* : poteaux en béton armé de 0,40 x 0,20 en saillie à l'extérieur du bâtiment. Fermes métalliques type treillis en cornière - travée de 5 m.
- *Couverture* : bac aluminium. La toiture est prévue sans faîtière. Sur la largeur elle est constituée d'une seule plaque de 12 m de long reprise aux deux extrémités par deux plaques de 3 m permettant un débordement de 1 m. Le débordement est également de 1 m en pignon.
- *Aération* : deux ouvertures de 1 m x 0,50 m en pignon. Ces ouvertures sont équipées d'un vasistas intérieur et de grillages moustiquaire et anti oiseaux.
- *Portes* : en pignon: une porte de 2,4 m x 2,5 m à battants s'ouvrant à la française (2 portes, une par pignon, pour les magasins de 1000 t).
- *Éclairage* : assuré dans chaque long pan par un ensemble de 10

briques de verre par travée.

Le stockage s'effectue en sac et il est prévu une fumigation au phosphore d'hydrogène.

Ces magasins ont donc été conçus en recherchant la plus grande étanchéité possible, condition nécessaire pour ne pas devoir utiliser des doses pléthoriques de fumigants toujours coûteux.

Nous savons que le béton (et notamment l'aggloméré creux), ne constitue pas une barrière étanche au fumigant; un revêtement intérieur plastique (peinture vinylique par exemple) est donc indispensable. Une attention particulière doit être apportée aux liaisons mursol et mur-tôles. La première est réalisée par un mélange sablegoudron et la seconde par un rajout collé. Toutes les fissures sont correctement mastiquées.

La maintenance doit être correctement suivie pour éviter toute apparition de fuites.

De par leur conception, m magasins ne peuvent être utilisés que pour du

stockage à long terme. En effet, après fumigation, on ne pourra pas ouvrir le magasin pour y travailler ou y retirer une partie du stock car on risquerait alors une réinfestation. Donc, lorsque l'on ouvrira le magasin, ce sera pour le vider totalement de son stock. Ces magasins peuvent difficilement servir en utilisation classique en raison de leur manque d'aération (aération des denrées et conditions de travail du personnel).

Les «silos souples», ou structures en plastique pour le stockage en sacs, souvent utilisés pour les stocks de sécurité en cas d'urgence, constituent également des structures fumigables. Cependant, dans les silos souples, pour éviter les problèmes de dégradation, les produits doivent être stockés très secs, ce qui est une condition défavorable à la décomposition des comprimés de PH_3 .

Enfin la solution consistant à transformer un magasin classique en magasin fumigable est dans bien des cas difficile à mettre en œuvre. Toutefois les magasins en banco, de très grande épaisseur, peuvent être fumigables sous réserve d'une obturation préalable des fuites fissures, portes, plafonds, etc.

Sur ce principe, de petits magasins villageois fumigables sont actuellement en cours de mise au point dans le but de lutter plus efficacement contre l'extension du *Prostephanus Truncatus* en particulier.

[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](#)

7.4. Traitements préventifs

Nous avons vu quelles étaient les méthodes de traitement curatif des denrées contre les insectes. Ces actions ponctuelles s'inscrivent dans une action globale ayant pour but la bonne tenue des stocks et devant suivre certains

principes qui limitent l'infestation par les insectes.

- Propreté des locaux de stockage

Avant la mise en stock des denrées, il est indispensable de nettoyer correctement les structures de stockage:

- **balayage correct des locaux, brossage des murs et colmatage des fissures,**
- **pulvérisation ou nébulisation d'insecticide de contact à action de choc ou rémanent (pyrimiphos-méthyl, par exemple),**
- **toutes les balayures et débris rassemblés doivent être détruits, car ils pourraient constituer un foyer d'infestation,**
- **en magasin il faudra traiter les sacs vides et détruire les vieux sacs.**

Comme les locaux de stockage, les alentours des bâtiments doivent être propres et parfaitement dégagés.

Pendant le stockage le produit doit être régulièrement inspecté et les locaux régulièrement nettoyés.

- Propreté de la denrée

Avant la mise en stock, le produit doit être correctement nettoyé. La présence de brisures et de « fines » constitue un élément favorable au développement des insectes. Tout nouveau lot doit être considéré a priori comme douteux et correctement inspecté, car du produit attaqué introduit même en faible quantité peut infester, dans sa totalité, un magasin ou silo jusque-là bien tenu. A ce propos, comme nous l'avons déjà indiqué par ailleurs, une unité de reconditionnement au niveau des magasins par exemple peut rendre de grands services.

La lutte contre les insectes sera souvent vaine si l'on ne considère pas que c'est l'ensemble structures de stockage - denrées stockées, qui doit être correctement tenu et si l'on n'observe pas des principes élémentaires pouvant prévenir les infestations.

[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](#)

Chapitre VIII - Lutte contre les rongeurs

[8.1. Les rongeurs](#)

[8.2. Lutte contre les rongeurs](#)

Tout comme les insectes, les rongeurs sont des ravageurs des stocks. Ils provoquent des pertes au cours du stockage, non seulement en consommant le produit, mais aussi en le souillant de leurs déchets. Ils peuvent également

endommager les structures de stockage, les sacs... Il est important de les combattre dans un but économique mais également dans un but sanitaire, car ces mammifères sont souvent les vecteurs de maladies. Comme nous le verrons, il existe des moyens de les combattre, toutefois leur mise en œuvre est toujours délicate, elle exige une connaissance précise de la biologie de l'animal et peut être dangereuse pour les personnes et les animaux domestiques. Chaque fois que cela est possible, il est plus efficace et moins onéreux de prévenir les dégradations que de les combattre.

8.1. Les rongeurs

[8.1.1. Principales espèces](#)

[8.1.2. Dégâts causés par les rongeurs](#)

8.1.1. Principales espèces

Il existe de très nombreuses espèces de rongeurs dont certaines vivent en

symbiose avec l'homme. C'est le cas notamment des rats et des souris appartenant à la famille des Muridès. Les espèces les plus courantes sont le rat gris *Rattus norvegicus*, le rat noir *Rattus rattus* et la souris *Mus musculus* qui ont un régime omnivore.

En Afrique, le rat de Gambie peut également se rencontrer au niveau des villes et des villages et le rat roussard (*Arvi cauthis*) surtout au niveau des villages et des champs.

La principale caractéristique des rongeurs est d'avoir des incisives tranchantes à croissance continue ce qui oblige l'animal à les user en rongant toutes sortes de matériaux.

8.1.1.1. Rat gris *Rattus norvegicus*

Appelé également surmulot ou rat d'égout, ce gros rat gris, originaire d'Asie, se rencontre aujourd'hui sous toutes les latitudes grâce à sa grande faculté d'adaptation.

Le rat gris mesure de 20 à 25 cm et pèse environ 350 g. Le corps est trapu, le museau court, les oreilles petites, la queue est plus courte que la tête et le corps.

Cet animal agressif vit en colonies, il aime les lieux humides (bords de ruisseaux ou rivières, caves, égouts). Il se déplace en suivant des pistes qui peuvent être reconnues aux dépôts graisseux qu'il laisse par frottement sur les herbes, le sol, les murs, etc. On peut également reconnaître ce rat à ses excréments, les fèces sont ovales, en forme de noyau d'olive.

[Fig. 236: Le rat gris. \(Doc. CNCATA.\)](#)

8.1.1.2. Rat noir *Rattus rattus*

Appelé également rat des greniers ou rat d'Alexandrie.

Originaire d'Extrême-Orient, il a également envahi tout le globe grâce, en partie, aux trafics commerciaux. (Toute denrée débarquée dans un port apporte avec elle sa cargaison de rats). Il est très fréquent en Afrique. Partout

où il est en concurrence avec le rat gris, il recule. Il niche dans les parties élevées des habitations, des greniers, des magasins. C'est un rat «acrobate».

[Fig. 237: Le rat noir. \(Doc. CNCATA.\)](#)

Plus petit que le rat gris il mesure de 15 à 20 cm et pèse environ 250 g. Le corps est plus fin, le museau pointu, les oreilles grandes et minces, la queue plus longue que le corps et la tête. Ses excréments sont également caractéristiques: les fèces sont allongées, terminées par une pointe.

8.1.1.3. *Souris* Mus musculus

C'est un animal de petite taille (6 à 10 cm) très connue des hommes car elle vit surtout dans les zones habitées. Elle est le commensal le plus fidèle de l'homme. Elle se nourrit des aliments de l'homme mais peut attaquer beaucoup de produits: papier, plâtre, savon... Elle vit en groupe et contrairement aux rats, elle a des moeurs très vagabondes, ce qui la rend plus difficile à combattre.

Fig. 238: La souris. (Doc. CNCATA.)

8.1.2. Dégâts causés par les rongeurs

Les rongeurs peuvent occasionner d'importants dégâts sur les récoltes sur pied, mais également dans les stocks. Les stocks de céréales constituant des réserves importantes de nourriture sur un espace réduit représentent un milieu favorable à leur développement. En effet la présence de nourriture est le premier facteur conditionnant l'installation d'une colonie de rats.

Les rongeurs vont consommer le grain et c'est surtout au niveau du village (greniers) que les pertes seront sensibles et visibles. Des études réalisées en Inde en 1976 ont montré que dans des greniers villageois tressés, contenant du paddy, si après six mois de stockage la perte en poids totale était de 6,2 %, la part due aux rongeurs était de 3,1 % (contre 2,3 % pour les insectes). Ce même rapport était observé pour le paddy stocké en sacs. Dans les grands centres de stockage; les pertes sont souvent moins importantes. Ceci doit cependant être nuancé car un magasin de sacs sera plus vulnérable qu'un silo vrac. De plus, dans les grands centres, les rongeurs peuvent occasionner des

dégâts matériels: conduites de plomb percées, fils électriques rongés pouvant provoquer des courts-circuits, sacs rongés entraînant l'écoulement du produit, et parfois l'écroulement des tas dans les magasins.

Enfin les rongeurs vont déprécier les denrées par les souillures qu'ils y déposent (urines, fèces, dépôts graisseux) et les risques sanitaires afférents.

RÉCAPITULATION DES PRINCIPAUX RONGEURS DES STOCKS

Nom	Ratus norvegicus Surnulot	Rattus rattus Rat noir	Mus musculus Souris
Poids moyen	330 g	250 g	16 g
Queue	Plus courte que la tête et le corps	Plus longue que la tête et le corps	Plus longue que la tête et le corps
Oreilles	Épaisses, opaques, à poils fins	Minces, translucides, grandes, sans poils	Grandes avec quelques poils

Museau	Court	Pointu	Pointu
Couleur	Gris brun, parfois noir avec ventre gris	Gris, noir, brun ou roux, parfois avec ventre blanc	Variable, gris brunâtre
Excréments	Groupés, mais parfois	Éparpillés, en forme	Éparpillés, minces et
	éparpillés, fuselés ou ellipsoïdaux	de saucisses ou ba- en forme de fuseaux nanes	
Mœurs	Fait des terriers, peut grimper, bien nager, manifeste une réaction devant les objets nouveaux, peut vivre dans les égouts, habitudes	Fait des terriers, grimpeur agile, réagit à des objets nouveaux, habitudes assez vagabondes	Fait parfois des terriers, bon grimpeur, ne réagit pas beaucoup devant les objets nouveaux, habitudes assez vagabondes

	assez conservatrices		
Localisation	Ne se trouve que dans les ports et dans certaines grandes villes de l'intérieur	Se rencontre dans l'ensemble de l'Afrique	Dans la majorité des villes qui se sont développées récemment

8.2. Lutte contre les rongeurs

8.2.1. Lutte préventive

8.2.2. Lutte curative

Comme pour les insectes, la lutte contre les rongeurs passe avant tout par l'observation de différents principes de lutte préventive.

8.2.1. Lutte préventive

Elle consiste à créer un biotope défavorable aux rongeurs.

8.2.1.1. Principes de construction

A partir des constatations suivantes:

- les rats peuvent grimper sur les murs rugueux (mais pas sur les murs lisses),
- verticalement ils ne peuvent pas franchir une plaque métallique lisse de 30 cm (d'où l'intérêt des cônes ou bandes de protection le long des conduites),
- ils ne sautent pas à plus de 75 cm de hauteur,
- dans la nature, ils ne creusent pas à plus de 40 cm,
- ils ne peuvent pas traverser un grillage à mailles de 1 cm,
- ils ne traversent pas une couche de béton compacte de plus de 10 cm,
- ils attaquent les conduites en plomb, en étain, en plastique.

On pourra prévoir des constructions adéquates qui constitueront des barrières qu'ils ne peuvent franchir.

Les fondations des bâtiments pourront être pourvues de maçonneries protectrices s'enfonçant d'au moins 60 cm dans le sol avec un retour de 30 cm vers l'extérieur. Cependant si le sol des bâtiments est constitué d'une dalle en béton, cette mesure n'a plus d'intérêt.

Les principaux points d'entrée à protéger dans les bâtiments sont les portes, les fenêtres, les ouvertures d'aération, les jours entre le sommet des murs et le toit, les orifices de ventilation et les câbles qui arrivent aux bâtiments.

- Portes

Les portes coulissantes laissent souvent passer les rongeurs. Il faudra prévoir des plaques métalliques de 1 m de hauteur pour obturer le jour entre la porte et le mur.

Les portes à battants, assurent, elles, une protection quasi parfaite si elles sont bien ajustées.

Dans tous les cas les portes métalliques sont nettement préférables aux

portes en bois.

- Fenêtres, ouvertures d'aération, ventilateurs doivent être protégés par des grilles en métal déployé de maille 6 à 10 mm.

- Câbles, gouttières, piliers seront protégés par des collerettes ou des cylindres de tôle.

- **Sur les gouttières, la forme des collerettes doit être un tronc de cône ouvert vers le bas, mesurant 30 cm de hauteur au moins et s'écartant au moins de 22 cm de la gouttière à la base. Le sommet doit être ajusté au diamètre de la gouttière et les côtés solidaires du mur. Ces obstacles devront être placés à une hauteur minimale de 80 cm.**

- **Sur les câbles horizontaux, les collerettes sont du même type ou remplacées par un manchon métallique de 40 cm de long, ou par un disque.**

Fig. 239: Protection des gouttières. (D'après GIBAN.)

Fig. 240: Cônes métalliques antirats sur crib. (D'après FAO.)

Au niveau des greniers paysans sur poteaux, ou des cribs, on prévoit également des protections par cônes métalliques ou cylindres de tôle (40 cm de long), placés sur les pieds des greniers ou des cribs. Il est aussi important, pour des greniers sur poteaux (ébliva togolais, crib, greniers tressés posés sur plate-forme, etc.) que la base soit placée à au moins 70 cm du sol pour éviter que les rongeurs n'y accèdent en sautant.

D'une manière générale, on devra éviter tous les «ponts» pouvant permettre aux rongeurs d'atteindre la denrée. On évitera par exemple qu'un arbre touche un magasin ou qu'un grenier soit construit sous un arbre; les rongeurs peuvent en effet grimper dans l'arbre et se laisser tomber depuis les branches, dans le grain. Dans ce cas, plutôt que d'abattre l'arbre, il est préférable de fixer sur le tronc un manchon métallique.

8.2.1.2. Entretien du site

Les rats affectionnent les tas de détritrus, d'ordures. Ils se réfugieront derrière les tas de vieilles ferrailles ou tous les amoncellements divers pouvant se trouver près des lieux de stockage. 'Etant craintifs, ils détestent les espaces vides et leurs pistes suivront de façon quasi certaine les objets laissés à l'abandon ou déposés à l'extérieur ou à l'intérieur des magasins de stockage ou des silos (vieux pneus, tas de sacs vides ou de vieux sacs, planches posées contre un mur...).

Il est donc nécessaire, dans la lutte préventive contre les rongeurs, de tenir les lieux de stockage en parfait état de propreté. Les abords des bâtiments devront également être parfaitement entretenus et on devra aménager tout autour des bâtiments une large bande de terrain parfaitement nette et propre. Il faudra donc évacuer tous les dépôts éventuels et couper les herbes.

Ces quelques méthodes de lutttes préventives sont très faciles à mettre en œuvre et nécessitent peu de moyens. Il est moins coûteux de les appliquer que de lutter contre une infestation.

8.2.2. Lutte curative

Plusieurs méthodes de lutte curative sont utilisées contre les rongeurs avec plus ou moins de succès.

- *Lutte physique*

- **Piégeage**

C'est une technique très ancienne qui n'est plus guère utilisée car elle n'a que des effets très limités (quelques individus). Les pièges sont des nasses, des tapettes, des trappes à guillotine, etc. Le seul intérêt au niveau d'un centre de stockage est qu'une capture pourra permettre d'identifier les espèces de rongeurs présents

- **Ultrasons**

Les rats ne sont pas sensibles aux bruits courants, cependant rats et souris sont sensibles aux ultrasons.

On a donc pensé pouvoir les utiliser contre les rats. Cependant les résultats

sont très médiocres; les sons sont atténués par les parois, les tas de sacs, etc.

- *Lutte biologique*

- **Culture bactérienne (lutte par «virus»)**

Cette technique consiste à transmettre aux rats des maladies mortelles. Son emploi a soulevé des polémiques en raison des risques qu'elle peut faire courir à d'autres familles de rongeurs (myxomatose en Europe par exemple).

- **Prédateurs**

Certains ennemis naturels des rongeurs tels les rapaces assurent un équilibre naturel qu'il faut chercher à préserver.

Les chats domestiques ont toujours été considérés comme les ennemis des muridés. En fait ils s'attaquent beaucoup plus aux souris qu'aux rats et leur efficacité est très limitée. Cependant au niveau individuel (stockage familial) leur présence peut être répulsive.

- Lutte chimique

C'est la méthode de lutte actuellement la plus efficace.

- **Produits**

Les produits chimiques utilisés sont appelés raticides ou rodenticides. Ils sont de deux types: les poisons violents et les anticoagulants. Ces raticides sont présentés sous forme d'appâts.

- * **Poisons violents**

La liste des produits est assez variée:

**Anhydride arsenieux,
Phosphure de zinc,
Fluoacétate de sodium (ou 1080),
Sels de thallium,
Strychnine,**

Seille rouge, Antu.

Ces produits sont délicats à utiliser près des locaux de stockage de denrées alimentaires, car, étant des poisons violents, ils peuvent présenter un réel danger pour les hommes et les animaux domestiques. La seille rouge utilisée dans certains pays, peut être intéressante car elle agit avec un certain retard et est un vomitif pour l'homme et pour les animaux domestiques.

Dans certains pays ces produits sont frappés d'interdiction.

Le défaut de ce type de traitement est de provoquer la mort violente de quelques individus ce qui alerte toute la colonie de rongeurs et la rend méfiante. De plus une résistance aux raticides peut apparaître.

Cette technique nécessite donc un appâtage préalable à différents postes avec un appât attractif (grain). Ensuite les appâts sains sont remplacés par des appâts empoisonnés; cependant cette technique n'est pas toujours efficace.

Aujourd'hui on utilise plus généralement les raticides à action progressive que sont les anticoagulants.

*** Poisons à action progressive**

**Coumafène,
Chlorophacinone,
Difénacoum,
Bromadiolone.**

Les rats ont un système sanguin fragile, il est donc possible d'utiliser des produits anticoagulants pour provoquer leur mort par hémorragie interne. La mort n'est pas brutale mais ne survient que plusieurs jours après l'absorption du produit, ainsi elle n'éveille pas la méfiance de la colonie.

Les premiers raticides utilisés ont été le Coumafène (Warfarin) et la Chlorophacinone. Cependant des résistances à ces produits sont apparues en Europe. En Afrique, la Chlorophacinone est souvent employée. Dans les appâts, le pourcentage du produit raticide est Coumafène 0,025 % -

Chlorophacinone 0,005 %.

Les anticoagulants modernes sont le Difénacoum et surtout la Bromadiolone (0,005 %) qui sont peu dangereux pour l'homme et les animaux domestiques (avec des réserves pour le porc).

- **Appâtage**

L'appât, support du rodenticide, doit être attractif pour les rongeurs:

- * **les grains sont plus appréciés que les farines,**
- * **les appâts humides sont attractifs en climat sec,**
- * **les substances suivantes améliorent l'appétence des appâts:**

sel	4 g/kg
sucres en poudre	50 g/kg
huiles végétales	50 cm ³ /kg
huiles de vaseline ou de paraffine	30 à 50 cm ³ /kg

beurre d'arachide

20 à 30 g/kg

Pour éviter que les appâts humides ne moisissent, on peut leur ajouter:

farines ou céréales aplaties 0,2 à 3 % de paranitrophénol

0,1 % de paranitrophénol

grains entiers

0,1 % d'acide déshydroacétique

Mise en place des appâts

Le raticide est mis en place sous formes d'appâts qui doivent être judicieusement placés pour être consommés.

Les appâts doivent être placés sur le parcours des rongeurs entre le gîte et le produit stocké, le plus près possible du gîte. Ils seront placés dans des endroits peu exposés car le rat hésite à manger à découvert.

[Fig. 241: Différents postes d'appâtage. \(Dessin CEEMAT d'après CNCATA.\)](#)

Ces caches ne doivent pas être accessibles aux animaux domestiques (poules et poussins par exemple).

Selon HALL le déroulement d'une opération peut être le suivant:

1^{er} jour : Pose d'appâts de 60 grammes à tous les emplacements choisis.

3^e jour : Visite de tous les emplacements. Si l'appât a complètement disparu, porter la quantité à 120 grammes; si l'appât a été en partie consommé, compléter jusqu'à 60 grammes.

5^e jour : Visite de tous les emplacements, comme le troisième jour. Porter la quantité à 240 grammes. Enlever les cadavres visibles.

8^e jour : Visite de tous les emplacements. Si l'appât a été consommé, procéder comme précédemment.

10^e jour : Retirer les appâts, sauf en cas de risque de réinfestation.

Pour éviter ou prévenir l'apparition de résistances, il peut être intéressant, après un traitement aux anticoagulants par exemple, d'effectuer un autre

type de traitement. Enfin signalons qu'il existe des poisons dits «de piste» (notamment ANTU) que l'on place sur le passage des rongeurs de façon à en imprégner leur pelage. L'animal absorbe le raticide en se léchant. Cette technique risque cependant d'être dangereuse pour les grains stockés car, par frottement, les rats peuvent redéposer ce poison sur les denrées alimentaires.

[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](#)

Chapitre IX - Conservation des semences

[9.1. Introduction](#)

9.2. Conditionnement: principes - matériels

9.1. Introduction

La conservation des semences diffère de celle des denrées consommables par la nécessité primordiale de conserver intacte la faculté germinative des grains.

EXEMPLE D'ÉVOLUTION DU POUVOIR GERMINATIF DE SEMENCES DE MAÏS DANS DIFFÉRENTES CONDITIONS DE CONSERVATION.

- Variété	Embros 260 (jaune denté)	Poey T 66 (jaune plat)
- Humidité initiale	10,5 %	15,35 %
- Pouvoir germinatif initial	98 %	93 %
Conditions de conservation	Pouvoir germinatif à différentes durées de conservation (en mois)	

Température ° C	Humidité relative	0	6	12	18	0	6	12	18
7°	50 %	94	97	100	96	96	96	96	90
30°	32 %	96	96	96	94	90	89	88	78
30°	55 %	96	94	84	10				

Source: Mississippi Agricultural Experimental Station 1966.

(Les publications d'essais de conservation, en conditions tropicales sont relativement peu nombreuses). A 7° C et 50 % H.R. la variété Embro 260 ne présente aucune évolution notable sur 18 mois alors que la Poey T 66 montre un fléchissement dès 18 mois, probablement lié à la forte humidité initiale. A 30° C les résultats sont très explicites: à 32 % d'humidité relative la variété «sèche» n'évolue pas alors que la plus «humide» voit son pouvoir germinatif chuter nettement. A 55 % d'humidité relative le pouvoir germinatif est affecté dès 6 mois de stockage et pour la semence la plus sèche.

D'autres essais, menés également à 30° C, sur riz et maïs, ont montré que

seules les graines à moins de 12,4% d'humidité conservaient leur pouvoir germinatif intact après 6 mois.

Les programmes d'amélioration des semences dans les Pays en développement doivent combiner trois approches complémentaires:

- 1. Fourniture, par la recherche agronomique, de variétés adaptées à un potentiel de production intéressant. Cette condition évidente n'est en fait pas toujours remplie et entraîne la stagnation, voire l'échec des projets.**
- 2. Mise en place de fermes semencières ou d'un réseau d'agriculteurs multiplicateurs de semences, ce qui représente une action importante de formation des personnels et la mise en place d'une organisation de contrôle en cours de végétation.**
- 3. Création de centres de conditionnement des semences: Il s'agit d'infrastructures souvent coûteuses dont le rôle est souvent mal perçu dans les pays en développement. Les techniques et les conditions de récoltes des semences, ainsi que les techniques locales de semis, sont des facteurs**

primordiaux pour la définition des équipements à prévoir en matière de:

- Séchage : • Humidité des semences à la récolte.
- Nettoyage : • nature et importance des impuretés présentes dans les semences.
- Triage : • critères de pureté variétale appliqués.
- Traitement de semences : • nature des risques encourus au sentis.
- Ensachage : • moyens de diffusion des semences (transports, état des routes, etc.),
 - besoins des agriculteurs,
 - durée de la conservation.
- Stockage : • durée de conservation et conditions climatiques.

Les diagrammes des installations seront définis en fonction de ces facteurs.

Dans les grands centres semenciers, il est recommandé de ne traiter qu'UNE seule espèce. Ceci n'est généralement pas applicable aux pays en

développement où les installations ne sont économiquement viables qu'en traitant plusieurs espèces, ce qui en complique le fonctionnement.

4. Vulgarisation de l'emploi des semences améliorées.

Cette action est prioritaire mais est aisée lorsque la semence proposée a un bon potentiel de production, une présentation adaptée et un supplément de prix largement amorti par l'augmentation de production qu'elle apporte.

9.2. Conditionnement: principes - matériels

9.2.1. Séchage

9.2.2. Nettoyage

9.2.3. Triage des semences

9.2.4. Traitement des semences

9.2.5. Ensachage des semences et stockage

9.2.1. Séchage

Pour obtenir une bonne qualité de semence, le séchage doit intervenir au plus tôt après la maturité, laquelle est définie comme le stade végétatif auquel la graine a synthétisé le maximum de matière sèche. A ce stade son humidité est encore très élevée (35 % et au-delà pour du maïs, 20 à 22 % pour du riz). Ceci signifie la mise en place de moyens de séchage beaucoup plus importants que pour les graines de consommation. Compte tenu de leur coût en investissement et en fonctionnement, il convient d'apprécier - en pratique dans chaque cas - l'incidence exacte d'un séchage partiel sur pied sur le pouvoir germinatif des semences et de décider en conséquence de la méthode de séchage à adopter.

Le niveau d'humidité à atteindre est directement lié à la durée de conservation prévue et au type de stockage. Rappelons ici l'influence de la température et de l'humidité:

«La vitesse de dégradation est doublée tous les 5° C et tous les 1,5 % d'humidité».

Les normes suivantes sont classiquement recommandées pour la conservation des semences de céréales en climat tropical.

Durée Humidité
%

6 mois 11 - 13%

1 an 10 - 12

2 ans 9 - 11

4 ans 8 - 10

Si les semences sont conservées en atmosphère confinée leur taux d'humidité doit être de 8 à 9 % seulement.

Pour éviter les altérations mécaniques, les séchoirs sont généralement des modèles statiques'. Ils ont pour avantage de s'adapter à différentes espèces de graines et à des quantités variables à sécher. Pour éviter toute altération du pouvoir germinatif par la chaleur la température des graines ne doit pas dépasser 42 ° C pour les céréales et WC pour les oléagineux. Ce sont les

températures retenues pour l'air de séchage. Il en résulte que le séchage des semences est une opération lente et ayant un mauvais rendement énergétique (surtout lorsqu'il faut atteindre les très basses humidités indiquées ci-dessus). Les débits étant faibles, les générateurs d'air chaud sont de puissance moyenne et la possibilité d'emploi de sous-produits agricoles comme combustible (rafles de maïs, coques d'arachides, balle de riz, etc.) mérite d'être étudiée avec soin car elle permet des économies substantielles.

Les séchoirs statiques de conteneurs offrent une grande souplesse de fonctionnement. Ils se composent d'un générateur et d'un réseau de gaines sur lesquelles s'abouchent des conteneurs de séchage à fond perforé. Ce principe permet d'individualiser les lots et les durées de séchage de chaque lot. Il suppose un équipement relativement coûteux en conteneurs et en matériel de manutention (lève-palettes tout terrain) mais l'option «conteneur'» est applicable à l'ensemble de la station de semences (chaîne de triage - traitement stockage).

9.2.2. Nettoyage

La propreté du grain à la récolte définit le type de matériel à choisir. Les semences récoltées ou battues mécaniquement sont généralement plus sales que celles récoltées à la main. Avec des récoltes très sales il peut être nécessaire de prévoir un prénettoyeur. En général le nettoyeur-séparateur est la machine de base. En semences - pour obtenir un travail soigné - son débit est le 1/10^e du débit annoncé en graines de consommation. La qualité du travail est très directement liée d'une part à l'importance du jeu de tamis disponible pour s'adapter avec précision à la dimension des graines travaillées, et d'autre part à la précision des réglages (des aspirations en particulier).

Souvent, lorsque les semis sont manuels et qu'il n'y a pas de risque de mélange d'espèces de dimensions comparables, le nettoyeur-séparateur est suffisant pour le conditionnement des semences.

9.2.3. Triage des semences

Le triage a pour objet, soit d'éliminer d'un lot préalablement nettoyé et séché, les graines légères, mal venues, les graines étrangères, les impuretés de

dimensions proches de la semence, soit de classer la semence par dimension. Il permet d'obtenir une semence homogène et de bonne valeur germinative. En général, le triage est réservé aux semences semées mécaniquement et en particulier avec les semoirs de précision à disques. Les semoirs pneumatiques n'exigent pas le calibrage des graines.

Les principes de triage, assez nombreux, sont regroupés dans le tableau ci-dessous:

Principe de triage		Matériel correspondant
Par dimension	Longueur	Trieur à alvéoles
	Largeur	Trieur à disques
	Épaisseur	Calibreur
Par densité		Colonne densimétrique
		Table densimétrique
Par forme		Trieur hélice

Par état de surface	Trieur à rouleaux de velours Drapper
	Trieur magnétique
Par couleur	Trieur colorimétrique

[Fig. 242: Principes du triage dimensionnel.](#)

9.2.3.1. Trieur à alvéoles

L'appareil est composé d'un cylindre horizontal dont l'intérieur est tapissé d'alvéoles et d'un auget intérieur dont la position est réglable (cf. Fig. 243).

Le cylindre tournant, les plus petites particules que l'on cherche à éliminer entrent dans les alvéoles et y sont maintenues par la force centrifuge jusqu'au moment où celle-ci est équilibrée par leur propre poids. Elles retombent alors soit dans la masse de graines au fond du cylindre, soit dans l'auget d'évacuation (selon sa position).

Les réglages sont au nombre de trois:

- 1. position de l'auget selon la dimension des particules à éliminer et la vitesse du cylindre (plus la vitesse est grande, plus il faut relever l'auget),**
- 2. vitesse de rotation du cylindre: un variateur à courroie permet de la modifier pour faire varier la force centrifuge (une trop grande vitesse peut empêcher les graines de retomber des alvéoles),**
- 3. inclinaison du cylindre (sur certains appareils seulement).
L'inclinaison joue sur l'avancement du mélange dans le fond du cylindre. Son action est complétée par une vis de distribution qui évite la stratification des graines.**

Bien entendu la forme des alvéoles doit être adaptée au type de particules à éliminer et le cylindre est facilement interchangeable.

[Fig. 243: Trieur à alvéoles.](#)

9.2.3.2. Trieur à disques

L'appareil se compose de disques épais disposés verticalement et creusés dans leur épaisseur d'alvéoles de dimension adaptée. Les particules à extraire du lot sont prises comme dans un godet d'élévateur (alors que les plus longues retombent) et évacuées à l'extérieur par la force centrifuge. Le centre des disques est ouvert, ce qui permet aux produits longs, par le jeu de palettes, de progresser de disque en disque. L'intérêt de la machine est de pouvoir monter des disques à alvéoles différentes sur le même axe et de réaliser un triage très précis.

[Fig. 244: Trieur à disques.](#)

Le principal réglage est l'action d'un volet de sortie qui freine plus ou moins l'avancement du produit dans la machine.

9.2.3.3. Calibreurs

Les plus classiques sont les calibreurs par épaisseur composés de tamis plans

ou cylindriques à perforations allongées obligeant la graine à se présenter selon sa plus faible épaisseur pour passer au travers. Le calibreur est composé de plusieurs segments de dimensions de plus en plus grandes de façon à classer le produit. Le débouillage des graines prises dans les tamis est réalisé par un rouleau caoutchouté placé à l'extérieur et en partie haute du cylindre.

[Fig. 245: Calibrage par épaisseur.](#)

[Fig. 246: Calibrage par largeur.](#)

Le calibreur à perforations rondes est du même principe mais les orifices ronds et de petits «redents» à l'intérieur du cylindre obligent la graine à se présenter verticalement pour traverser le tamis. Le débouillage n'est plus réalisé par un rouleau mais par des battes caoutchoutées.

9.2.3.4. Trieurs par densité

a) TABLE DENSIMÉTRIQUE Fig. 247)

La table permet de séparer des corps de mêmes dimensions mais de poids spécifique différent (pierres, graines immatures, etc.).

Le principe de l'appareil est un plan de travail traversé par un flux d'air uniforme qui fluidise le mélange et en provoque la stratification schématiquement en deux couches.

Les produits lourds restent près de la table, les produits légers au-dessus. La séparation des deux couches est obtenue par réglage de l'inclinaison du plan de travail (dans deux directions) et par sa vibration qui projette les produits lourds vers le haut de la table alors que les légers s'écoulent vers le bas.

[Fig. 247: Table densimétrique.](#)

La table densimétrique est un appareil très performant mais qui exige une grande précision dans ses réglages interdépendants:

- réglage du volume d'air pour obtenir une bonne stratification,**
- réglage de l'alimentation pour que la table soit totalement**

couverte,

- réglage de l'inclinaison longitudinale,
- réglage de l'inclinaison transversale,
- réglage de la vitesse de vibration qui agit sur la vitesse de déplacement du grain.

Pour bien fonctionner la table doit:

- être implantée sur un socle très résistant et isolé,
- être alimentée en air propre sinon le plan de travail risque un colmatage rapide,
- être bien montée (sens de rotation du ventilateur, tension des courroies),
- avoir été bien choisie. Le plan de travail est en tôle perforée ou en tôle métallique fine pour les gros grains (maïs, haricots, arachides, café, etc.) alors qu'il est en drap d'Oxford pour les petites graines (graminées, luzerne, graines potagères).

[Fig. 248: Colonne densimétrique.](#)

b) COLONNE DENSIMÉTRIQUE (Fig. 248) est un matériel moins coûteux que la table. Un distributeur vibrant introduit le mélange à trier à mi-hauteur d'une cheminée dans laquelle monte un flux d'air homogène. Les particules lourdes descendent alors que les plus légères remontent. Des changements de section de la cheminée permettent un classement des particules.

Ce matériel de petit débit est peu coûteux et peut rendre de nombreux services pour le triage de petits lots difficiles.

9.2.3.5. Trieurs par forme et état de surface

a) TRIEUR EN HÉLICE

Alors que des graines de forme ronde et régulière roulent sur un plan incliné, celles de forme irrégulière glissent et descendent moins rapidement.

Le trieur en hélice est basé sur ce principe. Les graines rondes prennent plus de vitesse donc sont centrifugées vers l'extérieur de l'hélice alors que les irrégulières restent près de l'axe. En bas de l'hélice une cloison divise les deux

catégories.

[Fig. 249: Trieur en hélice. \(Doc. TRIPEITTE et RENAUD.\)](#)

(Exemple: nettoyage des semences de soja).

b) MACHINE RICE ET DRAPPER

Les semences à séparer roulent sur un plan incliné en velours.

Les graines à surface lisse glissent sur le velours et suivent la pente alors que les graines velues s'accrochent au velours et sont éliminées vers l'extérieur (machine Rice) ou vers le haut (Drapper).

(Ex.: Élimination de la folle-avoine des graines de céréales.)

[Fig. 250: Trieur à rouleaux de velours.](#)

[Fig. 251: Trieur à table de velours.](#)

c) TRIEUR MAGNÉTIQUE

Des graines velues peuvent retenir de la limaille de fer. Ce principe est appliqué par exemple pour éliminer les graines de cuscute (velues) de la luzerne (graine lisse). Après enrobage, le mélange passe sur des rouleaux magnétiques qui retiennent seulement les graines enrobées de limaille de fer.

9.2.3.6. Triage par couleur

Ces matériels coûteux sont réservés à des usages particuliers triage du riz, du café et des arachides. Ils permettent d'éliminer des grains mal conservés et ayant subi des attaques de moisissures (*Aspergillus* en particulier).

Nota: Cette rapide description des matériels de triage montre que les besoins de chaque centre semencier doivent être bien définis pour déterminer les équipements nécessaires.

9.2.4. Traitement des semences

L'objectif du traitement est de protéger les semences contre les parasites (cryptogames, insectes) et d'éviter qu'elles ne les transmettent. Le traitement chimique est le plus économique actuellement, les produits devant satisfaire à une série de critères: efficacité, large spectre d'activité, faible toxicité pour l'homme et les animaux, innocuité pour les semences, bonne adhérence sur les graines, bonne stabilité chimique, etc. Le produit de traitement devra être choisi en fonction du mode de contamination lequel peut être externe ou interne (et exige alors un fongicide endothérapeutique). En moyenne, le gain de rendement obtenu par traitement des grains est estimé entre 100 à 300 kg/ha, son coût doit donc être en rapport.

Les traitements sont réalisés par poudrage à sec, par bouillie («slurry») ou par traitement liquide. Le choix est à faire selon la plus ou moins bonne adhérence de la formulation sur les semences. Le poudrage est le plus simple, mais souvent rejeté en raison de la pollution engendrée au poste d'ensachage. Les appareils utilisables sont trop nombreux pour être décrits. Ils doivent comporter:

- un dispositif de dosage pondéral ou volumétrique des graines à**

l'entrée de l'appareil,

- un doseur de produit de traitement couplé au précédent et en général volumétrique (poudre ou liquide),**
- un mélangeur (vis d'Archimède, cylindre à battes, etc.),**
- un dispositif de dépoussiérage à la sortie des graines (pour limiter la pollution mentionnée ci-dessus),**
- des sécurités en cas de bourrage du mélangeur, bouchage de gicleur à liquide ou bouillie, etc.**

De façon générale, il est conseillé de choisir des appareils de traitement simples pour limiter le risque de pannes.

Pour la manutention, les appareils ne doivent ni détériorer ni mélanger les semences. En général, seuls les élévateurs à godets à vitesse lente et les transporteurs à bande sont recommandés.

9.2.5. Ensachage des semences et stockage

L'ensachage est un élément important de la bonne conservation et de la

diffusion des semences. Il doit satisfaire à plusieurs conditions:

- **qualité de conservation (climat, insectes, rongeurs, etc.),**
- **capacité adaptée aux besoins des agriculteurs. Dans les pays en développement, selon les semences et les régions, des emballages de 1 à 25 kg sont suffisants;**
- **inviolabilité. L'agriculteur doit être assuré de la provenance de la semence qu'il achète (sacs soudés, étiquetage inviolable, etc.);**
- **information. Étiquetage explicite de la variété, du pouvoir germinatif, du traitement appliqué.**

La sacherie classique de 50 ou 100 kg en jute, polypropylène tissé ou coton, répond mal à ces conditions; elle n'offre en particulier aucune protection contre la vapeur d'eau. Il en est de même des sacs en papier multiplis. Avec ces types de sacs, les conditions de température et d'humidité des magasins devront être contrôlées pour maintenir les semences à :

**12 % pour des céréales conservées 6 à 9 mois,
10 % pour des céréales conservées 1 à 2 ans,
8 à 9 % pour des céréales conservées au-delà.**

**HARRINGTON (1970) propose une règle pratique de conservation: 100 =
Humidité Relative en pour-cent + température en degrés Fahrenheit.**

**Ainsi à 30° C (86° F) l'humidité relative de l'air du magasin doit être de 100 -
86 = 14 %.**

**Cette règle montre combien il est difficile de conserver des semences aux
températures tropicales.**

**A titre d'exemple l'IRRI, aux Philippines, conserve ses semences dans les
conditions suivantes:**

- court terme (5 ans)	20° C - 45 % H.R.	sac tissu ou papier,
- moyen terme (20 ans)	4° C - 45 %	boites hermétiques en aluminium ou

ans)	H.R.	flacons de verre,
- long terme (70 ans)	10° C - 30 % H.R.	boites hermétiques sous vide.

Le conditionnement d'air des locaux exige une bonne étanchéité de la construction et l'emploi d'équipements soit de réfrigération', soit de déshydratation de l'air. Les déshydrateurs d'air classiques composés de batteries de dessiccants (type Silicagel) permettent de traiter des débits d'air de 425 à 850 m³/h avec régénération du gel de silice par chauffage électrique (ou concentrateur solaire: chauffage à 120° C pendant 16 heures). La quantité maximum d'eau que peut absorber le Silicagel est fonction de l'humidité relative comme l'indique le tableau suivant:

H.R. %	20	30	40	50	60
Poids d'eau absorbée (en % du poids du Silicagel)	10	15	22	29	33

Ainsi pour dessécher 850 m³ d'air à 30° C de 100 % à 60 % il faut absorber

10,5 kg d'eau (12,3 g d'eau par m³) donc disposer de 10,5: 0,33 = 32 kg de gel de silice.

La lutte contre les insectes au cours du stockage est identique à celle appliquée pour les céréales de consommation avec des précautions particulières en cas de fumigation avec du bromure de méthyle (graines sèches et dose de traitement de 16 g/m³ pendant 24 heures à 20-25° C - 24 g/m³ entre 10 et 19° C). La multiplication des traitements peut provoquer une baisse du pouvoir germinatif.

Le stockage des semences en sacs tissés doit être surveillé avec soin, en particulier dans les régions tropicales humides. En pratique le stockage en magasin ordinaire ne devrait pas dépasser l'intercampagne.

L'ensachage hermétique

est une solution intéressante en zone humide. Elle permet d'éviter les échanges avec l'air ambiant à condition que les sacs soient étanches (polyéthylène de 150 microns et sacs soudés). L'humidité des céréales doit

être réduite entre 8 et 10 % pour éviter le risque de baisse du pouvoir germinatif. Pour les oléagineux, l'humidité doit être comprise entre 4 et 7 %. Cette solution est à envisager dans les zones tropicales humides surtout pour des conservations de longue durée.

Le stockage en sacs sous vide

est une solution qui était appliquée jusqu'à présent uniquement pour de petites quantités de graines de grande valeur. Cette solution est actuellement envisagée avec des sacs de grande capacité (jusqu'à 50 litres) sous des vides de 250 à 600 mm. Les films utilisés sont des complexes (polyéthylène, polyester, etc.) incluant une couche d'aluminium pour obtenir l'étanchéité aux gaz que les films uniquement en plastique ne peuvent assurer. Les essais réalisés par l'ISRA au Sénégal ont montré une bonne conservation de toutes les graines testées (arachide, mil, sorgho, niébé, maïs) après un an de stockage. La résistance mécanique de la sacherie devra être améliorée et des applications intéressantes sont possibles:

- arachide : constitution de stocks de sécurité de semences sans

utilisation d'installations frigorifiques. L'application du vide provoque en outre un placage du sac sur la graine et l'immobilise au cours des transports et limite son dépelliculage;

- semences de céréales : constitution de stocks de sécurité;
- soja : en climat tropical, les semences se conservent mal d'une campagne à la suivante. Le stockage sous vide (qui n'a pu être testé au Sénégal) pourrait être une solution.

Des travaux en cours devraient permettre de préciser l'intérêt de cette technologie. La modification de l'atmosphère interne du sac par balayage d'azote ou de gaz carbonique mérite également d'être étudiée, mais elle suppose un approvisionnement en gaz parfois mal aisé dans les pays en développement.

En conclusion, les technologies de conditionnement et de stockage des semences, dans les conditions des pays en développement, existent, mais

sont coûteuses et délicates à mettre en œuvre. Il convient donc de procéder dans chaque cas à une étude spécifique des moyens les plus économiques à employer.

[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](#)

Chapitre X - Économie du stockage

[10.1. Choix technique](#)

[10.2. Coûts d'investissement](#)

[10.3. Coûts de fonctionnement](#)

Dans le choix du type d'installation à mettre en place, interviennent 3 éléments principaux:

- 1. Le choix technique et l'obsolescence possible.**
- 2. Le coût d'investissement.**
- 3. Les coûts de fonctionnement.**

10.1. Choix technique

Ce sujet est abordé en préambule au chapitre VI traitant du stockage en vrac. Les installations de stockage sont des infrastructures lourdes, prévues pour fonctionner pendant une période de 10 à 30 ans, voire au-delà. Le choix technique doit en tenir compte en essayant d'évaluer l'évolution probable de différents facteurs dans chaque cas particulier.

- Évolution des techniques de culture et des quantités produites,

- **Introduction de la récolte mécanisée.**
- **Évolution des transports (navires, camions ou wagons vrac).**
- **Évolution de la commercialisation,**
 - **Application de barèmes de qualité,**
 - **Extension de la transformation industrielle.**
- **Évolution de la disponibilité et du prix de la main-d'œuvre**

Cette analyse, pour chaque cas particulier, a de grandes chances de conduire à des solutions différentes, et si une coordination est nécessaire à l'échelle de chaque nation, elle ne doit pas conduire à l'adoption d'une solution unique valable dans tous les cas laquelle, en pratique, simplifie beaucoup l'étude des projets mais n'apporte pas de solution appropriée à chaque cas.

10.2. Coûts d'investissement

L'investissement est souvent considéré comme un élément primordial du choix. Il faut également tenir compte de la durée d'amortissement de chaque installation. En particulier, les comparaisons économiques doivent être faites sur une même durée et tenir compte de l'inflation monétaire; ce qui défavorise les équipements devant être amortis sur de courtes périodes. Prenons deux exemples:

- soit une installation A, représentant un investissement de 1 million CFA, amortie sur 10 ans: l'amortissement annuel simple, sans intérêt d'emprunt, est de 100 000 F CFA;**
- soit une installation B, de même capacité, représentant un investissement de 2,6 millions de F CFA, et amortie sur 20 ans; l'amortissement annuel simple, calculé comme précédemment, sera de 130 000 F CFA/an; donc B est plus coûteuse que A.**

Cependant, après 10 ans, l'installation A devra être renouvelée, et l'inflation monétaire intervient. Si celle-ci est, par exemple, de 12 % par an, dans 10 ans l'installation A coûtera 3,10 millions CFA et l'amortissement moyen annuel

sur les deux périodes de 10 ans sera de:

$$1/2 (1\ 000\ 000 / 10 + 3\ 100\ 000 / 10) = 1/2 \times 410\ 000 = 205\ 000 \text{ F CFA}$$

C'est en fait l'installation A qui sera la plus coûteuse. Cette notion ne doit pas être oubliée dans les comparaisons de prix.

Volontairement aucune estimation de prix n'est portée dans ce manuel car trop d'éléments interfèrent dans la constitution du prix (éloignement du site, portance du sol, capacité, matériaux utilisés, débit et qualité des équipements, etc.).

Les durées d'amortissement généralement adoptées sont les suivantes:

- magasins en maçonnerie : 20 ans
- magasins métalliques : 15 ans
- cellules souples : 5 ans
- cellules métalliques légères : 15 ans

- cellules métalliques lourdes : 25 ans
- cellules en béton : 30 ans
- équipements de séchage : 7 ans
- équipements de manutention : 7 ans

pesée
nettoyage
etc.

10.3. Coûts de fonctionnement

Dans le calcul des coûts de fonctionnement d'un centre de stockage, les principaux postes à ne pas omettre sont les suivants

Poste	Stockage en mes	Stockage en vrac
Personnel permanent	XX ¹	XX
	XXX	X

Personnel temporaire			
Sacherie		XXX	X
Palettes		XX	-
Énergie:			
	• consommation carburant	X	XX
	• consommation électricité	X	XXX
Frais:			
	• entretien courant	X	X
	• frais de réparation	X	XX
	• désinsectisation-dérafisation (équipements et produits)	XXX	X
	• frais annexes (véhicules de liaison - fournitures de bureau, etc.)	XX	XX

1. X Incidence faible.

XX Incidence moyenne.

XXX Incidence forte.

Le calcul du prix de revient moyen du stockage fait intervenir:

- **Les charges fixes (amortissements, assurances...) et les coûts de fonctionnement rapportés à la quantité stockée et à la durée de stockage.**
- **Dans un calcul de rentabilité comparée de différentes techniques de stockage, l'estimation des pertes peut avoir une incidence considérable. Il convient d'être très circonspect dans ce domaine, car ces estimations supposent une comptabilité matière très précise, prenant en compte le poids de grain, son humidité et son taux d'impuretés, ainsi que son état sanitaire, avec une incidence codifiée (barème de réfaction) sur la valeur marchande du produit. Comme nous l'avons déjà mentionné, en l'absence de standards de qualité et de barèmes de réfaction, aucune justification économique de l'amélioration des techniques de conservation des récoltes n'est**

possible et seuls les critères politiques ou humanitaires sont décisifs, ce qui n'est pas suffisant pour orienter vers les solutions techniques les mieux adaptées.

[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](#)

Fiches signalétiques de quelques produits

[Fiche N° 1 - Maïs](#)

[Fiche N° 2 - Riz](#)

[Fiche N° 3 - Mil et sorgho](#)

[Fiche N° 4 - Graines de légumineuses](#)

[Fiche N° 5 - Arachide](#)

[Fiche N° 6 - Cacao](#)

[Fiche N° 7 - Café](#)

[Fiche N° 8 - Tubercules](#)

[Fiche N° 9 - Oignon](#)

Fiche N° 1 - Maïs

[A - Généralités](#)

[B - Conservation](#)

[C - Séchage](#)

[D - Stockage](#)

A - Généralités§

Avec une production de 451 millions de tonnes, le maïs est la seconde céréale cultivée dans le monde. La plus grande zone productrice est l'Amérique du Nord.

Maïs	Production (millions de tonnes)	Superficie récoltée (millions d'ha)	Rendement moyen (t/ha)
Monde	451	134	3,4
Amérique du Nord	232	41	5,6
Europe	54	12	4,5
Amérique du Sud	38	17	2,2
Afrique	33	23	1,4

Si, en Amérique du Nord et en Europe, il est essentiellement destiné à l'alimentation animale et à l'industrie: maïserie et amidonnerie, le maïs reste en Amérique du Sud un des produits de base de l'alimentation humaine. Il est

également l'une des principales cultures vivrières de l'Afrique intertropicale, notamment de la zone guinéenne.

L'épi de maïs est constitué d'un axe central appelé rafle sur lequel sont fixés les grains. L'ensemble est plus ou moins intimement recouvert par les bractées ou spathes.

Le grain de maïs est un caryopse (fruit) qui possède, comparativement aux autres céréales, un gros germe (albumen: 83 %, germe: 11 %, enveloppes: 6 %).

Sa composition moyenne est la suivante:

Amidon	: 70 %	Cellulose	: 2 %
Protéines	: 10 %	Cendres	: 1 %
Lipides	: 4 %	Eau	: 13 %

[Fig. 253: Épi de maïs \(coupe\).](#)

Fig. 254: Structure du grain de maïs.

B - Conservation§

Le maïs est un produit qui, à même humidité et même température, respire plus que les autres céréales, c'est-à-dire qu'il perd plus de matière sèche. La perte de 0,5 % de matière sèche due aux phénomènes de respiration est le critère de détérioration qui permet de fixer le temps maximal de conservation.

La figure 255 montre, par exemple, que du grain à 20 % d'humidité et à 25° C ne doit pas être stocké plus de 10 jours.

Fig. 255: Isochrones de conservation du maïs. (D'après STEELE et SAUL, U.S.A.)

La vitesse de dégradation peut être appréciée de façon précise en laboratoire en mesurant la quantité de gaz carbonique (CO₂) dégagée par 100 g de grain en 24 h (cf. fig. 4 - chapitre I).

Dans une masse de grains stockés humides, on observe un échauffement plus ou moins rapide selon l'humidité du produit (cf. fig. 256).

[Fig. 256: Évolution de la température d'une masse de maïs-grain selon son humidité.](#)

Cette augmentation de température favorise le développement des moisissures, la germination, et finalement la prise en masse du lot de grains.

En Afrique, notamment dans la zone guinéenne, le maïs pose des problèmes de conservation surtout en fin de première saison des pluies. La période de récolte, qui se situe théoriquement pendant la petite saison sèche, est en fait souvent pluvieuse et ne permet pas un séchage naturel suffisant des épis. En fin de deuxième saison, les conditions climatiques sont plus favorables et seuls les prédateurs (insectes, rongeurs, etc.) sont éliminer.

C - Séchage§

I - COURBE D'ÉQUILIBRE AIR-MAIS

Fig. 257: Courbe d'équilibre air-maïs.

Pour un stockage sur une longue période en zones chaudes, l'humidité du maïs-grain ne devra pas dépasser 13 %.

II - MÉTHODES DE SÉCHAGE

1. Séchage naturel sur pied

Traditionnellement, les paysans ont coutume de laisser sécher le maïs sur pied plusieurs semaines après qu'il ait atteint sa maturité. Dans certaines zones (Amérique du Sud par exemple), on cherche à améliorer ce séchage au champ en pratiquant le doblado qui consiste à passer une première fois dans les champs pour casser les épis. Après la récolte qui s'effectue alors sur des maïs dont l'humidité est inférieure à 20 %, les épis sont stockés dans des greniers aérés. Si cette technique permet effectivement un préséchage, voire un séchage du produit, elle présente plusieurs inconvénients:

- elle prolonge la durée d'occupation du sol, donc retarde la

préparation du terrain pour une éventuelle seconde culture,

- elle favorise l'attaque par les rongeurs, les oiseaux, l'infestation dès le champ par les insectes et les pertes par égrenage naturel.

2. Séchage de maïs en épis

Les méthodes traditionnelles de stockage en épis en greniers aérés (Ebliva au Togo), en grappes & épis suspendues aux arbres (Nord Côte d'Ivoire), etc. permettent la finition du séchage. Ces pratiques font cependant partie d'un système nécessitant généralement un préséchage au champ.

Pour éviter les pertes liées au séchage sur pied, il est possible de récolter dès que les grains sont à maturité (apparition du «point noir») puis de pratiquer un séchage en épis. Différentes techniques sont envisageables.

a) *Le crib* (Fig. 259)

Cette structure a déjà été largement décrite au chapitre IV, nous n'en

rappellerons que quelques points:

L'emploi du crib est très répandu en Amérique comme en France pour le séchage du maïs en épis. Le chargement s'effectue par le haut et la reprise par le bas, soit en retirant les lattes formant le plancher du crib, soit par des trappes latérales.

- **Pour calculer les dimensions des cribs, on considère que 1 m³ peut contenir 500 kg d'épis humides (qui donneront 300 kg de grain à 14 %).**

L'efficacité du crib en tant que structure de séchage est liée à deux facteurs principaux:

- **Largeur du crib**

Cette donnée est largement fonction des caractéristiques climatiques du lieu. En France, par exemple, la largeur des cribs est limitée à 0,90 m dans le Sud et réduite à 0,55 m dans le Nord. En Afrique, les essais réalisés à l'I.I.T.A. d'Ibadan ont montré qu'en zone très humide la largeur du crib devait être

limitée à 60 cm. Dans les zones sèches, cette largeur peut atteindre 1 m voire 1,50 m.

- **Disposition du crib**

Il faut disposer le crib perpendiculairement aux vents dominants et surtout dans un endroit très aéré, c'est-à-dire loin des rideaux d'arbres, des bâtiments et... des autres cribs.

- **Épanouillage**

Pour faciliter la ventilation, il est recommandé d'épanouir les épis avant leur mise en crib. Un traitement de l'extérieur du crib par pulvérisation est recommandé pour combattre les infestations et son efficacité est supérieure sur les épis nus (cf. § 4.2.2.2.).

b) *Le silo-séchoir* (cf. Fig. 32 et 260)

Le silo séchoir est composé d'une cheminée centrale et d'une paroi

périphérique qui délimitent un espace annulaire dans lequel sont stockés les épis de maïs. La paroi est composée de montants tubulaires, de cerclages, et d'un grillage. L'ensemble repose sur une plate-forme cimentée présentant, du centre vers l'extérieur, une pente de 5 %. Une bâche, fixée à la cheminée centrale et à la paroi périphérique, recouvre la partie supérieure des épis.

A l'origine, le ventilateur principal placé au sommet de la cheminée centrale est prévu pour fonctionner en aspiration ou en soufflage. Cependant l'alternance aspiration-soufflage est totalement à proscrire car elle conduit à un déplacement oscillant du front de séchage à l'intérieur de la masse d'épis. Dans les modèles récents la ventilation fonctionne uniquement en aspiration.

Lorsque les conditions climatiques le permettent (siccité suffisante de l'air) il est possible de ventiler avec de l'air ambiant.

Lorsque, par contre, l'humidité relative de l'air est trop élevée, il est prévu de réchauffer l'air au moyen d'un générateur d'air chaud (un générateur à rafles de maïs peut être associé au silo). Sur des épis très humides (35 % et plus), l'élévation de température de l'air de séchage est de quelques degrés

seulement pour éviter d'accélérer la détérioration du grain. En zone tropicale, le délai de séchage dont nous disposons avant que le grain ne soit détérioré est généralement suffisant du fait que l'humidité des produits à la récolte est moins élevée (20 % à 25 %).

Un silo séchoir de ce type a été testé à Tokpli au Togo. Il a les caractéristiques suivantes:

Dimensions:

- **diamètre extérieur 10 m;**
- **surface au sol 75 m²;**
- **section de la cheminée centrale pentagone de 1,10 m de côté, soit 2 m²;**
- **hauteur: 3 viroles de 1,25 m soit 3,75 m;**
- **volume maximum d'épis: 275 m³.**

Les premiers essais ont conduit à proposer les recommandations suivantes:

- **emploi d'un générateur d'air chaud à échangeur air-air,**
- **ventilation unidirectionnelle,**
- **modification de l'amenée d'air avec mise en place du ventilateur au sol.**

Là encore, il faut prévoir un épanouillage des épis avant la mise en séchoir en cas de récolte manuelle, ou l'emploi de corn-picker (récolteuse-épanouilleuse) en cas de récolte mécanisée.

c) Séchage sur caillebotis

Un système de ventilation peut être prévu dans les magasins ou cellules destinés à recevoir les épis de maïs. Le dispositif de répartition d'air est de préférence construit avec des matériaux locaux suivant le modèle des aires de séchage des fourrages, c'est-à-dire avec une gaine principale en bois et des caillebotis (cf. Fig. 261). Afin d'éviter que l'air n'emprunte des cheminements préférentiels, les caillebotis doivent être arrêtés à 0,70 m au moins des parois. Le chargement d'épis est mis en place de façon homogène en veillant particulièrement à éviter les accumulations de grains ou de matières

étrangères pouvant gêner le passage de l'air. Les épis n'offrant qu'une faible résistance (cf. Fig. 262) il est possible de ventiler sur des hauteurs importantes (4 à 8 m) avec des ventilateurs de faible puissance tout en assurant des débits spécifiques élevés. Aux États-Unis, les débits spécifiques conseillés sont de 250 à 500 m³/h/m³. En France, le débit spécifique généralement retenu est de 150 m³/h/m³ (la perte de charge est alors de 30 mm CE pour 5 m de hauteur d'épis).

[Fig. 261: Installation de ventilation avec gaine et caillebotis.](#)

PERTES DE CHARGE POUR DIFFÉRENTES HAUTEURS ET DIFFÉRENTS DÉBITS D'AIR (en mm CE)

Débit spécifique m ³ /h/m ³	50	150	250
Hauteur d'épis en mètre			
3	-	-	12
4	-	-	28
	1	30	50

5			
6	1,8	-	78
7	2,7	-	-
8	4	-	-

Le séchage obtenu est fonction de l'humidité de l'air employé. En règle générale, l'hygrométrie de l'air de séchage doit être inférieure à 70 %. Dans les zones à forte hygrométrie, il faudra donc prévoir, aux heures les plus fraîches, un réchauffage de quelques degrés (4-5° C) de l'air ambiant.

d) Séchoirs statiques

Il est possible d'utiliser des séchoirs statiques horizontaux pour sécher rapidement les épis. Ces matériels sont généralement conçus pour sécher des grains dont la résistance au passage de l'air est beaucoup plus élevée et le séchage d'épis provoque des pertes d'énergie considérables qui conduisent à un coût prohibitif.

Les séchoirs artisanaux utilisant le bois comme combustible peuvent également être envisagés. C'est le cas notamment du séchoir BROOKS décrit au chapitre IV. Cependant ces séchoirs ont des rendements calorifiques souvent déplorables pouvant atteindre 5 000 mth par kg d'eau évaporée, donc une très coûteuse consommation de bois.

Remarque: Humidité des épis.

L'humidité des grains d'un épi de maïs est particulièrement délicate à apprécier. Pour une humidité moyenne 34,6 %, par exemple, l'humidité des grains peut s'étagérer entre 33,5 % pour des grains du sommet de l'épi et 38,3 % pour des grains de la base. Il faut donc procéder à un échantillonnage complet pour connaître l'humidité moyenne exacte des épis, et non pas n'en prélever qu'une partie.

[Fig. 262: Pertes de charge dans les épis de maïs nus.](#)

3. Séchage du maïs en grain

**Le maïs-grain humide se détériore très rapidement s'il n'est pas séché.
L'échauffement lié à l'humidité provoque une perte très rapide de la qualité.**

Dans les zones humides, il est fréquent que le séchage en crib ne permette pas d'atteindre l'humidité de sauvegarde (qui est, rappelons-le, de 13 %). Il est alors nécessaire de prévoir, après un préséchage en crib des épis de maïs, un égrenage et une finition par séchage artificiel en grain.

Au chapitre III, les différents types de séchoirs susceptibles d'être utilisés sur le maïs. sont décrits en détail.

Rappelons les principaux types:

- **Les séchoirs statiques**

Le grain immobile est traversé par le courant d'air chaud. Il en résulte une hétérogénéité de séchage entre les grains situés près de l'entrée d'air et ceux situés près de la sortie. Pour limiter cette hétérogénéité de séchage, préjudiciable à la conservation ultérieure, il faut employer des débits d'air

croissant avec la température.

VALEUR DU COUPLE TEMPÉRATURE-DÉBIT D'AIR POUR L'OBTENTION D'UNE HÉTÉROGÉNÉITÉ DE $15 \pm 3 \%$ (données CEMAGREF)

Température de l'air (° C)	Débit spécifique ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^3$ de grain)
45	2000
60	3000-3500
80	4000-4500

Les séchoirs statiques travaillent généralement sur une couche de grain de 40 à 60 cm avec le couple $60^\circ \text{C} - 4\,000 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^3$.

- **Les séchoirs à recirculation**

Dans ces séchoirs, mobiles ou fixes, le grain subit un brassage ou un recyclage qui permet d'éviter l'hétérogénéité de séchage mentionnée ci-dessus. Cette

technique a pour inconvénient d'augmenter le pourcentage de brisures - en multipliant les manutentions.

- **Les séchoirs continus**

Une mince couche de grains (15 cm à 30 cm) traverse en continu le séchoir. Il existe une gamme étendue de séchoirs continus pouvant sécher de quelques quintaux à plusieurs tonnes de grains par heure. Ces séchoirs équipent généralement les grands centres de stockage. Au cours des dernières années, les recherches ont surtout porté sur l'amélioration de leurs performances énergétiques qui atteignent:

**850 kcal/kg d'eau pour les séchoirs à recyclage d'air usé,
750 kcal/kg d'eau dans les séchoirs à récupération d'énergie sur les rejets,
680 kcal/kg d'eau en associant la dryération au séchoir.**

Les températures utilisées dépassent souvent largement 100° C; cependant selon l'utilisation ultérieure du maïs, il est nécessaire de moduler ces

températures pour ne pas altérer soit le pouvoir germinatif, soit la valeur alimentaire, soit la qualité amidonnaire, etc. (cf. Fig. 36).

Températures de séchage généralement recommandées:

semences : 45° C
industries du maïs : 80° C
alimentation du bétail : 100° C

- **Cellules sèches (in bin drying)**

Le séchage basse température en cellule sèche (Fig. 34) peut être envisagé sur maïs-grain à condition que l'humidité initiale du produit ne soit pas trop élevée (au maximum 10% au-delà de l'humidité de sauvegarde). Le maïs humide stocké dans la cellule est ventilé avec l'air ambiant réchauffé de quelques degrés (5° à 10° C) pour augmenter son « pouvoir séchant ».

Cette technique, largement utilisée aux États-Unis, a été expérimentée en France par l'I.T.C.F. sur une cellule fermière de 120 m³. Le réchauffage de l'air

de quelques degrés est obtenu par un capteur solaire enveloppant la cellule sur les 2/3 de sa circonférence'. Le débit spécifique de 100 à 130 m³/h/m³ de grain est fourni par un ventilateur de 10 kW.

Cette technique économique mériterait d'être testée en zone tropicale où le maïs à la récolte a une humidité voisine de 25 %. La température de l'air ambiant y étant élevée, il serait alors nécessaire de prévoir des débits spécifiques accrus pour éviter les risques de détérioration du maïs en haut de cellule.

Remarques * Le réchauffage de l'air provoqué par le seul passage dans le ventilateur est de 1° C pour 85 mm CE de pression.

* Diminution de volume au cours du séchage (données Miles, U.S.A., 1937)

Humidité finale: 12 %

Humidité initiale	30%	25%	20%	17%

~~Diminution de volume en % 29,1 % 22,5 % 14,5 % 9,1 %~~

Exemple: le séchage jusqu'à 12 % d'un lot de 1,5 m de hauteur de maïs à 25 % se traduit par une baisse de hauteur de 34 cm.

PERTES DE CHARGE DANS LE MAÏS EN GRAINS (Fig. 263) (données CEMAGREF)

H %	Δ P en mm CE		U _o en cm/s	
	PS			
34,9%	700	Δ P = 0,2417	U _o + 0,02958	U _o ²
	750	Δ P = 0,3740	U _o + 0,04240	U _o ²
	800	Δ P = 0,5880	U _o + 0,06300	U _o ²
	850	Δ P = 0,9655	U _o + 0,09735	U _o ²
29,4%	700	Δ P = 0,3535	U _o + 0,0330	U _o ²
	750	Δ P = 0,5809	U _o + 0,0476	U _o ²
	800	Δ P = 0,9050	U _o + 0,0698	U _o ²

	850	$\Delta P = 1,469$	$Uo + 0,1066$	Uo2
25,2%	700	$\Delta P = 0,483$	$Uo + 0,03675$	Uo2
	750	$\Delta P = 0,737$	$Uo + 0,0524$	Uo2
	800	$\Delta P = 1,154$	$Uo + 0,0767$	Uo2
	850	$\Delta P = 1,847$	$Uo + 0,1159$	Uo2
23,3%	700	$\Delta P = 0,440$	$Uo + 0,03578$	Uo2
	750	$\Delta P = 0,669$	$Uo + 0,05072$	Uo2
	800	$\Delta P = 1,037$	$Uo + 0,07380$	Uo2
	850	$\Delta P = 1,649$	$Uo + 0,1103$	Uo2
19%	700	$\Delta P = 0,4072$	$Uo + 0,03795$	Uo2
	750	$\Delta P = 0,6185$	$Uo + 0,05372$	Uo2
	800	$\Delta P = 0,9530$	$Uo + 0,07768$	Uo2

850

 $\Delta P = 1,4980$ $U_0 + 0,1150$ U₀₂

Fig. 263: Pertes de charge dans du maïs blanc d'Éthiopie à 11 % d'humidité.

III - UTILISATION DES RAFLES POUR LE SÉCHAGE

La rafle est un combustible bon marché, très intéressant pour remplacer les combustibles pétroliers.

1. Quelques caractéristiques moyennes des rafles:

- 1000 kg de grain sec à 15 % fournissent, selon les variétés, de 200 à 300 kg de rafles «sèches» (à 15 % d'humidité).
- Densité comprise entre 170 et 230 kg/ml. (Retenir 200 kg/m³.)
- Pouvoir calorifique moyen à 15 % d'humidité: 3 000 mth/kg.

2. Exemple d'évaluation des possibilités offertes par les rafles:

- soit à sécher un maïs de $H_i = 25\%$ à $H_f = 13\%$

- quantité d'eau à enlever par tonne de produit séché

$$E = \frac{1000 (H_i - H_f)}{100 - H_i} = \frac{1000 (25 - 13)}{100 - 25} = 160 \text{ kg}$$

- quantité de chaleur nécessaire pour le séchage:

Elle est fonction du type de séchoir. On peut l'estimer à :

2 000 kcal/kg en séchoir statique,

1200 kcal/kg en séchoir continu vertical sans recyclage
d'air,

900 kcal/kg en séchoir continu à recyclage d'air usé.

Donc pour: $160 \text{ kg} \times 2\,000 = 320\,000 \text{ mth.}$

- pouvoir calorifique des rafles disponibles

$$200 \text{ kg} \times 3 \text{ 000 mth/kg} = 600 \text{ 000 mth.}$$

Il est donc possible d'assurer l'autonomie énergétique du séchage.

3. Matériels utilisant des rafles de maïs

Les générateurs d'air chaud fonctionnent soit par combustion directe, soit par gazéification préalable (gazogène) et brûlage du gaz pauvre produit dans un brûleur.

Le premier procédé offre l'avantage d'une construction rustique, mais l'inconvénient d'un fonctionnement irrégulier en cas de chargement discontinu. En effet les rafles chauffées dégagent des composés volatils qui s'enflamment rapidement («Feu de paille») ce qui se traduit par des fluctuations de puissance calorifique qui suivent la cadence de rechargement. Des brûleurs spéciaux ont été étudiés pour réaliser une alimentation continue régulière.

Le second procédé est l'emploi d'un «gazogène» générateur de gaz pauvre qui

offre une grande régularité de fonctionnement.

Ces deux types de matériels sont actuellement en cours de mise au point et devraient apporter des solutions économiques au séchage dans les zones à climat humide.

[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](#)

D - Stockage

I - TYPES DE STOCKAGE

1. Stockage traditionnel

Nous avons vu qu'au niveau villageois, le maïs est généralement stocké en épis en spathes dans des greniers aérés qui permettent une finition du séchage par ventilation naturelle; ce type de stockage est précédé d'un préséchage naturel du produit au champ.

L'utilisation du crib, à la fois structure de séchage et de stockage, permet d'améliorer ces techniques villageoises (voir chapitre IV).

Poids spécifique du maïs stocké: maïs épis nus: 450 kg/m³.

2. Stockage en sacs

Au niveau des centres de commercialisation, le maïs est le plus souvent stocké en sacs.

Son volume spécifique moyen est alors de 1,8 m³/t.

L'humidité de sauvegarde recommandée pour un stockage de longue durée

est de 12 % - 13 %.

3. Stockage en vrac

C'est le mode principal de stockage dans les pays industrialisés. Il commence à se développer dans les zones tropicales notamment au niveau des ports, des industries de transformation, des grands centres de collecte.

Le poids spécifique du maïs-grain stocké en vrac est de: 700-750 kg/m³.

Angle du talus naturel à 12 % 28°

Angle de repos: vidange-écoulement 27°

 remplissage 16°

Les différentes structures de stockage sont largement décrites au chapitre VI.

II - MANUTENTION

Les appareils de manutention sont ceux employés classiquement pour les

céréales et décrits au chapitre VI.

Cependant, certaines précautions doivent être prises, car le maïs est un produit plus fragile que les autres céréales (blé). Il faut donc

- limiter la vitesse des appareils de manutention,**
- alimenter les élévateurs à godets de préférence sur le brin descendant,**
- éviter les fortes inclinaisons des vis et choisir un jeu suffisant entre la vis et le tube,**
- éviter l'emploi des transporteurs pneumatiques qui risquent d'entraîner des taux de brisures importants,**
- limiter les hauteurs de chute (au-dessus de 10 In, les taux de casse deviennent importants) et éviter les impacts directs sur le béton ou l'acier,**
- éviter les manipulations répétées.**

III - ENNEMIS DES STOCKS

Nous avons vu précédemment qu'il était essentiel de bien sécher le produit avant le stockage ($H < 13 \%$) pour éviter d'une part une perte de matière sèche par respiration et, d'autre part, un développement des micro-organismes. Cependant, dans les zones où l'on dispose de températures fraîches, il est possible de conserver le maïs en attente de séchage en lui appliquant une ventilation de maintien dont le débit spécifique est fonction de l'humidité du grain et de la température de l'air.

DÉBITS SPÉCIFIQUES EN VENTILATION DE MAINTIEN (données CEMAGREF) - (unité $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^3$ de maïs)

		Humidité du grain (MH)							
Température de l'air		35 %	31 %	27 %	25 %	23 %	21 %	19 %	16 %
15° C		190	128	84	10	42	25	18	4,5
20° C		313	212	149	139	69	43	30	7,5

Lorsque le maïs est sec, les principaux risques auxquels sont soumis les stocks

sont les attaques de rongeurs et surtout d'insectes.

Les principaux ravageurs des maïs stockés sont *Sitophilus oryzae* (charançon) et *Sitotroga cerealella* (alucite). Nous présentons au chapitre IV un exemple de traitement des cribs. Rappelons que si dans certains cas, les spathes assurent une protection naturelle des épis contre les insectes, il est le plus souvent préférable de despather pour que l'insecticide soit directement en contact avec le grain, le protégeant ainsi plus efficacement.

Pour le traitement du maïs stocké en sacs et en vrac le lecteur se reportera au chapitre VII.

Fiche N° 2 - Riz

[A - Généralités](#)

[B - Conservation](#)

[C - Séchage](#)

[D - Stockage](#)

A - Généralités

Le riz est la troisième céréale cultivée dans le monde avec une production totale d'environ 414 millions de tonnes et la première céréale cultivée dans les pays en développement.

La Chine et l'Inde représentent à elles seules 55 % de la production mondiale.

Riz	Production (millions de tonnes)	Superficie récoltée (millions d'hectares)	Rendement moyen (t)
Monde	414	145	2,8
Asie	376	129	2,9
(dont Chine	(146)	(34,5)	(4,2)
Inde)	(82)	(40)	(2)
Amérique du	12	75	1,7

Amérique du Sud	15	1,5	1,1
Amérique du Nord	11	2,3	4,7
Afrique	8,5	4,9	1,7

Le riz est essentiellement destiné à l'alimentation humaine.

On distingue:

- *le riz paddy* : grain (caryopse) encore entouré de ses enveloppes (glumes et glumelles) qui est obtenu après battage des panicules;
- *le riz cargo* : grain débarrassé de ses enveloppes (ou «balles») par le décorticage;
- *le riz blanchi* : grain obtenu après l'opération de blanchiment qui consiste à éliminer le germe et les téguments;

A l'usage, 100 kg de paddy donnent environ 70 kg de riz, 10 kg de son et farine et 20 kg de balles.

La composition moyenne du riz est la suivante:

	Riz PADDY	Riz CARGO
Eau	13 %	12 %
Glucides	73,1 %	75,5 %
Lipides	2,1 %	1,3 %
Protides	8,2 %	10 %
Matières minérales	3,6 %	1,2 %

[Fig. 264: Coupe d'un grain de riz.](#)

B - Conservation

La courbe de la figure 265 montre l'évolution de l'intensité de la respiration (et corrélativement du dégagement de chaleur) du paddy à différentes

humidités. Aux basses humidités, la respiration reste faible et généralement inférieure à celle des autres céréales: blé, sorgho, mais (cf. chapitre I, fig. 4).

Fig. 265: Intensité de la respiration du grain de paddy en fonction de l'humidité du grain (à 37,8° C).

C - Séchage

A la différence des autres céréales, le riz n'est pas consommé sous forme de farine ou de semoule, mais en grains décortiqués. Il importe donc qu'un maximum de précautions soient prises lors du séchage pour éviter le clivage des grains qui déprécie la récolte.

I - COURBE D'ÉQUILIBRE AIR-RIZ

Fig. 266: Courbe d'équilibre air-riz. L'humidité maximum du paddy pour le stockage est de: 14 %.

II - SÉCHAGE NATUREL

1. Séchage en Panicules

Le séchage du riz en panicules est directement lié aux conditions climatiques régionales pendant la récolte. Il est important de ne pas laisser les panicules en contact avec le sol humide de la rizière et de ne pas les exposer directement au soleil pour éviter un séchage trop rapide, qui provoque le clivage des grains.

Il est recommandé:

- lorsque l'on dispose de bâtiments suffisamment vastes, de sécher les bottes de panicules à l'ombre,**
- lorsque le séchage à l'extérieur est inévitable, de protéger les moyettes ou les meules de l'ensoleillement direct, soit avec une botte renversée formant chapeau, soit avec de la paille.**

Les moyettes sont constituées d'une quinzaine de gerbes appuyées sur quelques gerbes centrales. Le séchage peut durer de 4 à 8 jours suivant les conditions climatiques et l'humidité à la récolte.

Un autre système de séchage en panicules est le «perroquet» (Fig. 267). Il est constitué d'une perche reposant sur des piquets de 60 cm de haut. De part et d'autre de cette perche centrale, on vient appuyer les gerbes. Pour éviter l'insolation directe, le haut des gerbes est recouvert par d'autres gerbes ou par de la paille. Le séchage en perroquet, généralement situé près de l'aire de battage, est régulier et dure une dizaine de jours.

Le séchage avant battage a une influence directe sur le rendement en grain entier comme l'illustrent les résultats suivants:

[Fig. 267: Séchage de panicules de riz sur perroquet.](#)

	Rendement en grains entiers
Séchage sur le sol sans abri	15%
Séchage en moyettes le jour de la coupe	43%
Séchage en perroquet le jour de la coupe	44%
Battage immédiat et séchage du paddy	40%

2. Séchage naturel après battage

Pour éviter les inconvénients dus au séchage des panicules en moyettes ou perroquet, il est possible de battre immédiatement après la récolte. Dans le cas d'une mécanisation poussée (emploi de moissonneuse-batteuse) ces deux opérations sont d'ailleurs simultanées. On obtient alors un grain à 20 % - 25 % d'humidité qu'il est nécessaire de sécher à 14 % pour le stockage. Lorsque les conditions climatiques le permettent, le séchage naturel est encore largement utilisé pour abaisser l'humidité du paddy jusqu'au taux de sauvegarde.

Le paddy est mis à sécher sur des aires en terre battue, en ciment ou sur des nattes. L'expérience a montré que le séchage à l'ombre en couche mince (5 à 20 cm) permettait d'obtenir les meilleurs résultats, mais il exige des surfaces couvertes importantes et est plus lent que l'exposition directe au soleil.

Dans la pratique du séchage au soleil, il est conseillé d'étendre le paddy en

couche mince (10-12 cm) et de le pelleter fréquemment (5 fois par jour) pour éviter que les grains n'atteignent des températures excessives (50° C, voire plus). Les alternances séchage-réhumidification favorisant le clivage des grains, il convient de prévoir une protection contre les pluies et les condensations nocturnes.

Remarque: La période de récolte n'est évidemment pas indifférente, il faut, dans la mesure du possible, récolter à maturité et même légèrement avant. Une surmaturité entraîne, notamment en zones sèches, des taux de brisures plus importants et des pertes par égrenage au moment de la récolte.

Maintenant, l'introduction de nouvelles variétés, le développement de l'irrigation, et les possibilités des doubles cultures, conduisent souvent à récolter pendant les périodes pluvieuses. Le séchage artificiel devient alors indispensable.

III - SÉCHAGE ARTIFICIEL

On distingue deux méthodes de séchage artificiel du riz:

- le séchage lent à l'air ambiant ou légèrement réchauffé,
- le séchage rapide à l'air chaud.

1. Ventilation à l'air ambiant ou légèrement réchauffé

Pour bien mener une ventilation séchante, il faut connaître:

- l'humidité du riz et l'humidité relative de l'air de ventilation,
- la courbe d'équilibre air-riz pour déterminer, en fonction de l'humidité du riz et de l'humidité relative de l'air insufflé, s'il y aura séchage effectif et jusqu'à quel taux d'humidité (cf. Fig. 266).
- la perte de charge dans le riz pour déterminer, en fonction du ventilateur utilisé et de l'épaisseur de grain à sécher, quel sera le débit réel du ventilateur (cf. Fig. 278),
- le diagramme de l'air humide pour déterminer la quantité d'eau enlevée par l'air.

a) Types d'installations

Différents types d'installations de ventilation peuvent être employés, à savoir:

- cellules carrées ou circulaires équipées de gaines ou d'un faux fond perforé,**
- magasins équipés de gaines,**
- cellules circulaires avec cheminée centrale,**
- etc.**

b) Conduite du séchage

Le cas le plus fréquent est le séchage en cellule à faux fond perforé.

On recommande généralement de travailler sur une couche de paddy de 2,5 m de hauteur au maximum et de lui appliquer une ventilation de 135 m³ d'air/h/m³ de paddy.

Le paddy est ventilé en permanence jusqu'à ce que l'humidité de la couche supérieure atteigne 16 % sans se préoccuper de l'humidité relative de l'air. Si toutefois l'hygrométrie demeure trop élevée (90 0/9 et plus) en permanence, il est préférable d'arrêter la ventilation et de ne la faire fonctionner que pendant quelques heures par jour pour évacuer la chaleur dégagée par le produit humide.

Lorsque le paddy atteint 16 %, il ne faut ventiler qu'avec de l'air à 75 % d'humidité relative au maximum pour sécher jusqu'à l'humidité de sauvegarde (14 %).

Cette méthode permet un séchage de 0,5 à 1,1 % par jour dans des conditions moyennes,

Le séchage par ventilation à l'air ambiant est un procédé économique très intéressant dans les zones où la période après récolte est sèche.

On conçoit aisément sa difficulté d'application dans les régions où l'humidité relative de l'air est très élevée. Pour y remédier, il est possible d'abaisser

l'humidité relative en utilisant un petit générateur d'air chaud qui relève de 4 à 5° C la température de l'air et réduit son hygrométrie: le séchage doit alors être conduit avec précaution pour éviter deux risques:

- **la dégradation microbologique du produit humide d'une part,**
- **le surséchage des couches proches des entrées d'air qui se traduit par un moins bon rendement d'usinage d'autre part (taux de brisures élevé).**

Cette technique de séchage lent fait l'objet d'un important programme de mise au point dans les conditions climatiques humides du Sud-Est asiatique (Malaisie) où elle est utilisée en séchage lent de complément de 18 % à 14 % après un séchage rapide de 25 % à 18 %.

2. Séchage à l'air chaud

Le séchage à l'air chaud permet d'abaisser rapidement l'humidité du paddy jusqu'à son taux de sauvegarde. Il est réalisé dans des séchoirs, c'est-à-dire

avec de forts débits d'air chaud et sec.

a) Séchoirs statiques

Les séchoirs statiques, qu'ils soient horizontaux ou verticaux, fonctionnent généralement à une température inférieure à 40° C et permettent le séchage en 12 à 24 h.

Les séchoirs couramment utilisés sont les séchoirs cases qui sont décrits en détail au chapitre III.

Ils sont constitués d'une case horizontale à faux fond perforé (parfois incliné pour faciliter la vidange) à laquelle est accouplé un générateur d'air chaud.

La température de l'air de séchage est voisine de 40° C et le débit spécifique fourni par le ventilateur est de l'ordre de 2 000 m³/h/m³ de grain, l'épaisseur de la couche de grain étant de 30 à 50 cm.

Quelques exemples de séchoirs statiques à riz:

- **cases de séchage à fond incliné (fig. 27, chapitre III),**
- **cases de séchage japonaises (fig. 269).**

Il s'agit de cases à faux fond perforé présentant une surface de séchage de 3 à 6 ml et permettant de sécher des lots de 500 kg à 1500 kg de paddy. La vitesse de séchage est de 0,6 % à 0,8 % d'humidité par heure.

La case est équipée d'un brûleur consommant de 2 à 5 l de fuel/h et d'un ventilateur actionné soit par moteur thermique, soit par moteur électrique.

L'élévation de température de l'air au-dessus de l'ambiance est de 5 à 15° C au maximum.

Ces séchoirs sont peu onéreux, mais exigent un minimum d'attention pour leur conduite et l'entretien du moteur. Ils sont très répandus dans les petites exploitations japonaises.

- **cases de séchage de l'I.R.R.I.:**

- **Case horizontale type BD1 (cf. fig. 28, chapitre III)**

Il s'agit de la version simplifiée du modèle japonais décrit précédemment; sa capacité est d'environ 1 tonne. Si possible, il est conseillé de jumeler deux cases afin de mieux rentabiliser le générateur d'air chaud pendant les périodes de chargement et de vidange des cases.

- **Case verticale type BD2 (cf. fig. 271)**

Cette cellule en bois se compose de 2 colonnes verticales de 46 cm d'épaisseur disposées de part et d'autre d'une chambre centrale d'arrivée d'air chaud. Les deux parois extérieures sont constituées de persiennes à éléments coulissants inclinés à 60° qui peuvent être retirés pour le chargement et la vidange. Les 20 cm supérieurs des parois intérieures sont pleins pour que l'air chaud traverse effectivement la couche supérieure du grain. L'avant et l'arrière du séchoir sont constitués d'une paroi pleine en contre-plaqué.

Les dimensions d'une colonne sont:

Longueur	: 2,45 m	
Hauteur	: 1,55 m	volume 1,7 m ³
Épaisseur	: 0,46 m	

donc une capacité totale du séchoir de 2 t avec les 2 colonnes.

La température de l'air de séchage est de 43° C. Le débit spécifique de 1800 à 2 000 m³/h/m³ de grain.

Le générateur d'air chaud est un brûleur à pétrole. La consommation annoncée est de 1,5 l/h par le moteur et de 2,7 l/h par le brûleur.

La figure 272 représentant la vitesse de séchage illustre l'hétérogénéité du séchage. Cet écart, de l'ordre de 3 %, peut être réduit en maintenant le ventilateur en fonctionnement environ une heure après l'arrêt du brûleur.

- **Cases de séchage de grande capacité**

Identiques dans leur principe aux précédents, ces séchoirs en diffèrent par leur taille et par la mécanisation plus ou moins poussée des manutentions.

Le faux fond perforé, généralement circulaire, peut dépasser 50 ml et les lots atteindre 20 tonnes. La vitesse de séchage est de l'ordre de 1 à 1,5 % d'humidité par heure selon la puissance du générateur d'air chaud et l'humidité initiale du paddy.

[Fig. 269: Case de séchage japonaise. \(Doc. SATAKE.\)](#)

[Fig. 270: Vitesse de séchage dans le séchoir IRRI BD1 en fonction de l'humidité initiale. \(Doc. IRRI.\)](#)

[Fig. 271: Coupe du séchoir statique vertical IRRI BD2. \(Doc. IRRI.\)](#)

[Fig. 272: Mesure de la vitesse de séchage avec le séchoir à cases verticales BD2. \(Doc. IRRI.\)](#)

La mécanisation des opérations de chargement et déchargement permet de

limiter les temps morts entre chaque lot et en conditions moyennes de sécher 2 lots par 24 heures (1 de jour et 1 de nuit).

Ce type de matériel est intéressant dans le cas où il est nécessaire de sécher des quantités importantes, mais ne justifiant pas l'investissement élevé dans un séchoir continu. Son principal désavantage est d'occuper une importante surface au sol. Compte tenu de l'hétérogénéité de séchage inhérente à tout séchoir statique, il est conseillé de prévoir une cellule d'homogénéisation ventilée avant les cellules de stockage.

b) Séchoirs continus

Pratiquement, tous les types de séchoirs continus décrits au chapitre III peuvent être utilisés, ce qui importe n'étant pas le type du séchoir, mais la conduite de son fonctionnement.

Il est possible de sécher avec de l'air à température élevée lorsque le grain perd facilement son eau. L'évaporation absorbe une forte quantité de chaleur, ce qui abaisse la température de l'air de séchage. Ceci est vérifié dans

la pratique où l'on utilise de l'air d'autant plus chaud que le grain est plus humide et où l'on constate qu'à mesure que l'humidité du grain diminue, la température de l'air sortant du séchoir augmente.

Dans le cas du riz, un séchage trop rapide provoque la dessiccation de la couche externe du grain et ne permet pas à l'eau interne de diffuser vers la périphérie. Les contraintes dans la couche superficielle provoquent des taux de brisures élevés à l'usinage.

Pour limiter ce risque, les séchoirs continus travaillent à basse température (35-45° C) aux dépens du débit.

C'est pour améliorer ce débit qu'a été mis au point le séchage en plusieurs passages. Le paddy humide est séché de 2 à 3 % en quelques minutes, puis laissé en repos pendant plusieurs heures, afin que l'humidité s'homogénéise dans le grain avant un nouveau passage au séchoir. Le séchage complet demande généralement au minimum 4 passages. (Fig. 273).

Le séchage du riz en plusieurs passages peut être réalisé de différentes

manières:

- Utilisation d'un séchoir continu jumelé avec un boisseau tampon de ressuyage dont la capacité correspond à plusieurs fois le débit horaire du séchoir. Ce système n'est généralement applicable que sur de petites unités. Sinon on utilise autant de colonnes de séchage qu'il est prévu de passes et des cellules intermédiaires de temporisation.

[Fig. 273: Diagramme de séchage d'un séchoir Satake.](#)

La température de l'air de séchage atteint 54° C pour du paddy destiné à la consommation (ne pas dépasser 43° C pour du paddy de sentence) et la durée d'homogénéisation varie de 6 à 24 h (10 h en moyenne), alors que chaque passe de séchage dure de 10 à 30 mn.

- Une autre technique consiste à aménager dans la colonne du séchoir des zones de séchage séparées par des zones de ressuyage. (Fig. 274).

[Fig. 274: Schéma de principe du séchoir continu polyvalent. \(Doc. COMIA](#)

FAO.)

- Enfin une dernière solution consiste à faire recirculer le riz dans un séchoir où 1/6 de la colonne permet le séchage, le reste étant réservé au ressuage.

La figure 275 présente le principe d'un séchoir à colonne large. Ce même principe peut être utilisé en colonne haute. Des essais réalisés en Italie par le constructeur ont montré que si dans un séchoir à un seul passage le riz atteignait 40° C, dans un séchoir multipasse cette température n'est que de 25-30° C et n'atteint WC qu'en fin de séchage pour une température de l'air chaud de 50° C à 55° C.

Le débit d'air est d'environ 1800 m³/h/m³ de grain.

La conduite du séchage est la suivante:

temps de séchage: environ 30 mn

temps de ressuage: 3 à 4 h

Quelques constructeurs de séchoirs à riz: LAW, COMIA-FAO, SATAKE.

Fig. 275: Schéma de principe du séchoir à colonne large.

PHASE 1: extraction de 500 kg de riz sur la zone de séchage vers les zones de repos, durée 2 mn.

PHASE 2: extraction de 2 x 250 kg de riz sur les zones de ressuage vers la zone de séchage, durée 2 mn.

(Doc. COMIA-FAO.)

3. Séchage du riz étuvé

L'étuvage du riz est réalisé par trempage du paddy suivi d'une élévation de température en autoclave, puis d'un séchage. Il a pour but de faire diffuser vers l'intérieur du grain de nombreux éléments nutritifs, minéraux et vitamines, concentrés à la périphérie et en grande partie éliminés lors du blanchiment qui suit le décorticage. De plus, le trempage et le chauffage à la

vapeur provoquent une gélatinisation de l'amidon; la texture du grain s'en trouve consolidée, le grain ne se brise pratiquement plus à l'usinage et résiste bien aux attaques d'insectes. Le séchage peut être conduit à température élevée sans risque de provoquer des brisures.

L'étuvage a l'inconvénient de conférer au riz une couleur jaune et un goût particulier qui n'est apprécié que dans certaines régions.

4. Utilisation de sous-produits pour le séchage

Le riz paddy contient 20 % d'enveloppes ou «balles». Leur poids spécifique est d'environ 140 kg/m³.

Ce sous-produit sec peut être utilisé comme combustible pour le séchage. Son pouvoir calorifique est de 2 800 à 3 500 mth/kg M.S. Les balles brûlent à environ 900° C mais ont pour inconvénient d'avoir un taux de cendres important: 20 %. Le décorticage d'une tonne fournissant 200 kg de balles, même dans un séchoir peu performant (2 000 kcal/kg d'eau évaporée), elles sont suffisantes pour sécher 1 tonne de paddy de 35 % à 14 %. L'humidité

initiale étant en général inférieure, la balle est excédentaire pour sécher le riz et peut également produire l'énergie nécessaire au fonctionnement de la rizerie (usinage, etc.).

L'IRRI a mis au point des générateurs de petites puissances très simples adaptables aux petits séchoirs à cases BD1 et BD2 présentés ci-dessus.

Le four est construit en briques dans une ossature métallique (parfois revêtue de tôles métalliques récupérant la chaleur radiante).

Pour une augmentation de température de 14° C (de 29° C à 43° C) la consommation en balles, donnée par le constructeur, est:

- four à balles pour séchoir BD1: 4,5 kg/h,**
- four à balles pour séchoir BD2: 10-11 kg/h.**

Un schéma explicatif est présenté figure 61 (chapitre III).

[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](#)

D - Stockage

Le riz peut être stocké sous différentes formes

- Paddy avant décorticage étuvé au non Poids spécifique: 520 à 740 kg/m³
- Riz cargo après décorticage Poids spécifique: 800 à 1040 kg/m³
- Riz usiné après polissage

Le paddy étant mieux protégé que le riz contre les attaques des insectes, et le riz marchand se ternissant assez rapidement, les stockages de longue durée

se font généralement sous forme de paddy.

L'aptitude au stockage est liée au mode de récolte et en particulier à l'humidité. Un mauvais séchage entraîne des échauffements, des colorations et des odeurs intempestives, le développement de moisissures et autres micro-organismes, ainsi que l'accroissement de la freinte à l'usinage.

L'humidité maximum recommandée pour le stockage est de 14 %.

I - TYPES DE STOCKAGE

1. Stockage traditionnel

Au niveau villageois, le paddy est stocké en vrac dans des silos de construction artisanale traditionnelle (Fig. 276), grenier en bambou tressé, en paille tressée, en banco, etc. En général les pertes à ce niveau sont moins importantes que pour d'autres céréales. Une étude effectuée par l'IDS au Bangladesh et portant sur le stockage au niveau de la ferme donne les résultats suivants:

Produit	Durée du stockage (mois)	Pourcentage de pertes en poids		
		par insectes	par rongeurs	total
Paddy	4,4	1,06	1,29	2,35
Riz étuvé	2,7	0,32	1,16	1,48

Les pertes au niveau villageois sont évidemment variables selon les conditions climatiques et les méthodes employées avant le stockage. En particulier certains des insectes majeurs déprédateurs du riz, et notamment *Sitotroga cerealella*, peuvent infester le produit dès le champ.

Dans les zones sèches (Sahel), le paddy atteint une siccité tellement basse (< 10 %) que les infestations ne peuvent se développer.

2. Stockage commercial

a) *Stockage en sacs*

Le stockage de quantités plus importantes est fait en magasins ou en silos industriels. Les précautions classiques doivent être prises dans les magasins de sacs (éloignement d'au moins 0,50 m des murs, pose des sacs sur caillebotis fixés sur des chevrons carrés de 0,10 m de côté) et, lorsque le paddy est à une humidité trop élevée, stockage en piles aérées dans lesquelles l'air pourra circuler entre les sacs pour faciliter l'achèvement du séchage. M. ANGLADETTE, dans son ouvrage sur le Riz', signale qu'au Japon, où l'on stocke du riz cargo et non du paddy, les sacs à plus de 15 % d'humidité sont disposés en piles à base carrée. Quatre sacs forment la base avec, entre eux, au centre, un espace vide; la hauteur des piles est de 12 lits (15 lorsque le riz est plus sec).

En Asie du Sud-Est, au temps de l'Office du Riz, les magasins de semences étaient construits en fonction des données suivantes:

- stockage en sacs jute contenant 1 «picul» (soit environ 70 kg) et mesurant couché: 90 x 60 x 30 cm;**
- édification des piles de sacs sur des caillebotis de 3,60 x 1,80 m,**

fabriqués avec des planches de 27 mm clouées sur des chevrons de 8 x 6 cm.

[Fig. 277: Élément autoportant pour stockage du riz.](#)

La manutention se faisant à dos d'homme, la hauteur des piles était limitée à 3,70 m, soit 30 cm par sac x 12 lits + 10 cm de caillebotis.

- Charge au mètre carré: 1 550 kg au niveau des caillebotis eu 1000 kg/m² pour le magasin compte tenu des allées de circulation.

Dans tous les cas, les dimensions des piles devront tenir compte des impératifs d'une fumigation éventuelle si une infestation se développe. Le maintien des bâches plastiques utilisées pour la fumigation sur les tas pour éviter les recontaminations ultérieures est un procédé efficace si l'on prend soin de placer un insecticide au niveau du joint sol-bâche. Cette technique n'est applicable qu'avec des produits bien secs car, dans le cas contraire, des condensations risquent de se produire sous les bâches.

b) Stockage en vrac

Le stockage en vrac du riz est couramment utilisé dans les pays industrialisés et se développe dans les pays tropicaux.

Caractéristiques physiques du paddy:

- **poids spécifique: la valeur généralement retenue est: 550 kg/m³,**
- **angle du talus naturel: 22°-24°,**
- **coefficient de frottement sur les parois:**

bois brut	0,495
bois poli	0,435
acier	0,402
tôle lisse	0,402-0,449
béton	0,473
ciment lisse	0,516
amiante ciment	0,368

Le stockage en vrac peut être réalisé soit dans des magasins, soit dans des cellules. Lorsque les magasins n'ont pas été spécialement étudiés pour le stockage en vrac, il est possible d'y remédier en construisant des parois de sacs (ce qui demande un maître d'œuvre expérimenté), ou en utilisant des parois en éléments autoportants du type décrit à la figure 277.

La ventilation est généralement considérée par les riziers comme indispensable à la bonne conservation du paddy. Elle permet d'homogénéiser la température dans toute la masse ensilée, évitant ainsi l'accumulation de chaleur dans les points plus humides et les transferts d'humidité liés à la température extérieure.

Dans les magasins, une ventilation sous-toiture, ou mieux entre plafond et toiture, permet de combattre le risque de condensations sur les charpentes et sur la surface des sacs ou du grain.

Dans les cellules, tous les systèmes de ventilation peuvent être adoptés (gaines, faux fonds, cheminée centrale, etc.). Le document présenté à la figure

278 donne les formules pour le calcul des pertes de charge dans le paddy.

Rappelons toutefois qu'il convient d'être très prudent dans la conduite de la ventilation en zone tropicale, où l'humidité relative de l'air est élevée, car le risque de réhumidification du paddy est important. On ne ventilerà donc qu'aux heures chaudes de la journée ou suivant les indications d'un hygromètre en bon état (ne pas ventiler lorsque l'humidité relative de l'air dépasse 70 %).

Dans les cellules dépourvues de ventilation, on pratique souvent des transilages accompagnés d'un nettoyage pour combattre les échauffements. Cette technique n'est qu'un pis-aller qui oblige à disposer de cellules vides et à dépenser de l'énergie pour entraîner les appareils de manutention. Les transilages successifs ont également pour inconvénient d'augmenter le taux de brisures.

[Fig. 278: Pertes de charge dans le riz paddy.](#)

II - MANUTENTION

Il faut faire une distinction entre le riz usiné qui est un produit fragile devant être manutentionné avec soin et le riz paddy qui est peu fragile mais abrasif. En manutention verticale, on utilise généralement des élévateurs à godets.

- pour le riz : godets en plastique et vitesse de l'élévateur réduite $\cong 1$ m/s,
- pour le paddy : godets métalliques renforcés et plaques d'usure.

En manutention horizontale, ce sont généralement les bandes et les transporteurs à chaînes qui sont employés avec, pour le riz usiné, une préférence pour les bandes transporteuses,

III - ENNEMIS DES STOCKS

Les principaux insectes déprédateurs des stocks sont:

Sitophilus oryzae (charançon du riz)

Rhyzopertha dominica (capucin des grains)

Sitotroga cerealella (alucite)

cette dernière pouvant infester le produit dès la rizière.

Un produit sale (présence d'impuretés, grains verts, immatures... et insuffisamment sec, favorise l'attaque des insectes, Il faut donc ne stocker que des produits préalablement nettoyés. Les techniques et produits de lutte sont traités au chapitre VII.

Rappelons l'importance des mesures préventives à observer:

- **nettoyer et traiter les locaux avant stockage,**
- **disposer d'un produit propre et sec,**
- **trier des lots permettant de faciliter les opérations d'inspection et de traitement (cas des magasins).**

Une bonne hygiène générale des stocks permet également de limiter les déprédations dues aux rongeurs.

Fiche N° 3 - Mil et sorgho

[A - Généralités](#)

[B - Conservation du sorgho](#)

[C - Séchage](#)

[D - Stockage](#)

A - Généralités

On distingue généralement les sorghos (*sorghum vulgare*) et les mils dont le genre *Pennisetum typhoides* couramment qualifié de mil ou mil chandelle ou mil penicillaire, est très répandu en zone sahélienne. Ces graminées sont essentiellement cultivées pour l'alimentation humaine ou animale. En alimentation humaine les mils sont généralement préférés au sorgho.

[Fig. 279: Épis et épillet de mil.](#)

Les épis de mil, dont la longueur dépasse parfois 1 m, ont la forme de chandelle (Fig. 279) alors que les épis de sorgho se présentent sous la forme d'une panicule de 10 à 50 cm plus ou moins compacte, parfois courbée en crosse (Fig. 280).

Les grains de petite taille, sont des caryopses qui restent en partie enveloppés de leurs glumes et glumelles. Leur coloration est blanche jusqu'à brun foncé. Leur structure est comparable à celle du grain de maïs:

Albumen: 82 % - Germe et scutellum: 10 % - Enveloppes: 8 %.

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DES GRAINS

	Taille	Poids de 1000 grains	Poids spécifique en (kg/m ³)
Sorgho (Sorghum vulgare)	4-5 mm	15 à 35	685 à 760
Mil (Pennisetum)	2,5-3,5		

typhoïdes)		mm		
	Variété Sonna		4 à 7 g	760 à 840
	Variété Sanio		6 à 9 g	790 à 860

Certaines variétés possèdent au niveau des enveloppes une couche de cellules particulière appelée «testa» (Fig. 3) riche en composés polyphénoliques altérant la digestibilité des produits transformés. Cette couche est éliminée par le décorticage des grains.

B - Conservation du sorgho

La figure 281 montre l'évolution du dégagement de chaleur, donc de la dégradation, d'une masse de sorgho à 18 % MH selon la température de stockage. A basse température, la dégradation reste lente mais elle accélère rapidement dès que la température s'élève. Il est donc nécessaire de sécher rapidement les sorghos récoltés humides. L'humidité de sauvegarde pour un stockage de longue durée est de 13-13,5 % (Fig. 282).

Fig. 281: Dégagement de chaleur d'une masse de sorgho, stockée à différentes températures, en fonction du temps.

C - Séchage

I - COURBE D'ÉQUILIBRE AIR-GRAIN

Fig. 282: Courbe d'équilibre air-sorgho.

II - MÉTHODES DE SÉCHAGE

1. Le séchage naturel

Après la récolte, le plus souvent manuelle, les épis de mil et sorgho sont généralement disposés en bottes ou en meules et séchés au soleil. On peut améliorer ce séchage naturel en construisant des aires de séchage ou des claies (Fig. 283 et Fig. 284). Dans les zones traditionnelles de culture, le séchage naturel ne présente en général pas de difficulté,

2. Le séchage artificiel

Les deux principales techniques de séchage du sorgho sont la ventilation sous grande épaisseur avec de l'air ambiant ou légèrement réchauffé, et le séchage rapide à l'air chaud en séchoir.

- Séchoirs continus

Ils équipent généralement les grands centres. Tous les types de séchoirs continus peuvent être employés. Les débits spécifiques d'air vont de 4 000 à 8 000 m³/h/m³ et les températures d'air chaud de 65 à 95° C. Rappelons que pour les graines de semence, l'air chaud ne doit pas dépasser 45° C.

- Dryération

La technique de séchage final par refroidissement lent, décrite pour le maïs, est applicable au séchage du sorgho. Le grain est séché à haute température (95° C) jusqu'à une humidité supérieure de 2,5 % environ à l'humidité finale désirée, extrait du séchoir et stocké chaud dans une cellule où l'humidité s'homogénéise pendant plusieurs heures (6 heures) avant que la ventilation soit mise en marche. Le grain est alors refroidi et séché en 12 à 24 h par une

ventilation à 25 m³/h/m³ de grain, puis mis en cellule de stockage.

Fig. 284: Claies de séchage de mil. (D'après doc. SISCOMA.)

- Ventilation séchante

Dans certaines zones (comme en France) où la récolte du sorgho coïncide avec la récolte du maïs, on est amené à sécher d'abord le maïs (récolté à plus de 30 % d'humidité) avant le sorgho (généralement récolté à 22 % - 25 % d'humidité). Avant son séchage, on conserve donc le sorgho par une ventilation de maintien à l'air ambiant.

Aujourd'hui on tend de plus en plus à faire de cette ventilation une ventilation séchante en ne faisant fonctionner l'installation que lorsque l'humidité de l'air est inférieure à 75 % (l'air étant au besoin réchauffé au moyen de capteurs solaires).

La figure 285 donne les pertes de charge lors de la ventilation du sorgho.

D - Stockage

I - TYPES DE STOCKAGE

Bien souvent, au niveau des villages, les sorghos et les mils sont stockés en épis dans les greniers traditionnels. Les chandelles de mil sont parfois brisées en plusieurs morceaux, avant d'être ensilées pour augmenter le poids spécifique apparent.

Les producteurs considèrent généralement que le stockage en épis assure une meilleure conservation. Il faut cependant noter qu'il nécessite un volume par kg de produit stocké plus important que le stockage en grain. Dans les centres de commercialisation, le stockage s'effectue généralement en sacs de 100 kg en jute ou polypropylène.

[Fig. 285: Pertes de charge dans le sorgho.](#)

Sur la base de mesures faites au Sénégal', le volume spécifique du mil stocké en sacs de 100 kg est de: 1,2 m³/t environ alors que celui du sorgho est de 1,8

m³/t en raison de sa granulométrie plus grosse.

Le stockage en vrac se pratique dans les silos polyvalents horizontaux ou verticaux. Dans les zones tempérées, la ventilation est souvent employée pour abaisser la température du grain et bloquer l'activité des insectes. En zone tropicale, la ventilation peut présenter moins d'intérêt car l'air ambiant est souvent à une température élevée. Toutefois, en certaines saisons, il est possible d'utiliser l'air frais nocturne (avec des températures s'abaissant jusqu'à 15-18° C).

II - MANUTENTION

La manutention du sorgho ne pose pas de problèmes particuliers et tous les appareils classiques sont utilisables. Dans les grands silos, les bandes et les vis sont les plus employées.

III - ENNEMIS DES STOCKS

Les principaux insectes déprédateurs sont le charançon (*Sitophilus orizae*), le

trogoderme (*Trogoderma granarium*) qui peut créer de nombreux dégâts dans les magasins notamment par ses larves qui détruisent les sacs et les tribolium. Les autres insectes: l'alucite (*Sitotroga cerealella*) et la teigne (*Ephestia*) sont moins fréquents.

Au niveau paysan, on a parfois coutume de mélanger les grains avec de la cendre ou du sable fin pour lutter contre les insectes. Cependant, l'emploi d'insecticides rémanents (cf. 7.3) utilisables en poudrage ou en pulvérisation se développe. Pour des stocks importants, on doit utiliser la fumigation et les traitements de contact.

IV - TRANSFORMATION DU PRODUIT

Le décortilage et la mouture du sorgho, opérations laborieuses par pilonnage manuel, font l'objet de nombreux essais de mécanisation. Le décortilage à sec permettrait en particulier d'allonger la durée de conservation de la farine.

Au niveau industriel, de nombreuses études traitent de la substitution partielle du blé mais sans applications en vraie grandeur; l'un des freins étant

la difficulté de fournir aux grands moulins un produit homogène de qualité satisfaisante avec les techniques actuelles de stockage en sacs.

Fiche N° 4 - Graines de légumineuses

[A - Généralités](#)

[B - Conservation](#)

[C - Séchage](#)

[D - Stockage](#)

A - Généralités

De nombreuses légumineuses sont cultivées pour leurs graines et tiennent une place importante dans l'alimentation humaine. Souvent consommées en association avec les céréales, elles sont intéressantes pour leur teneur élevée en protéines. La valeur protéique des *Doliques* (20 % à 25 %) est plus du double de celle du maïs (10 %).

Il existe de très nombreux genres:

- Arachis : arachide (voir fiche n° 5).
- Vigna : dolique (vigna sinensis) = niebe (vigna unguiculata) = cowpea...
- : • Phaseolus vulgaris = haricot commun = french bean...

Phaseolus

- Phaseolus lunatus: pois du cap haricot de lima = haricot de Madagascar...
- : Voandzeia subterranea = voandzou pois bambara = pois de terre
Voandzeia = congo goober...
- Cajanus : Cajanus cajan = pois d'angole = Ambrevade = pigeon pea...
- Glycine : Glycine max = soja = soya = soybean...

Les graines contenues dans les «gousses» en sont extraites par battage manuel ou mécanisé.

B - Conservation

Il est connu que la conservation des légumineuses est très difficile, notamment au niveau villageois. Les principaux déprédateurs des stocks sont les insectes et plus particulièrement les bruches, qui causent des dégâts très importants et très spectaculaires si aucune mesure n'est prise pour éviter leur prolifération (récolte contaminée à 30-50 % après 2-3 mois de stockage et à 100 % après 6 mois). Seul le soja semble plus résistant que les autres genres.

[Fig. 286: Quelques légumineuses. \(CEEMAT d'après P. HUBERT.\)](#)

L'infestation apparaît dès le champ. Les bruches pondent sur les gousses encore vertes. Dès leur éclosion les larves pénètrent dans les graines et s'y développent. Il arrive de compter plus d'une vingtaine de larves par graine. Les adultes sortent de la graine par un trou circulaire aux bords parfaitement nets (voir fig. 288). Ces adultes vont pondre sur les gousses ou les graines sèches entreposées. Certaines espèces de bruches (notamment celles des stocks) peuvent avoir jusqu'à 6 générations dans l'année (espèces «polyvoltines»); chaque femelle pouvant pondre plusieurs centaines d'oeufs blanchâtres bien visibles, collés sur les grains. Cette prolificité explique l'importance des dégâts observés.

Les espèces les plus fréquentes sont *Acanthoscelides obtectus* (bruche du haricot), *Callosobruchus maculatus* (bruche du niébé) et *Callosobruchus chinensis* (bruches des doliques).

[Fig. 287: Acanthoscelides obtectus SAY = broche du haricot. \(Doc. DETIA.\)](#)

[Fig. 288: Dégâts observés sur haricots. \(Doc. DETIA.\)](#)

[Fig. 289: Larve de broche du haricot. \(D'après BÖVING.\)](#)

C - Séchage

Les humidités recommandées pour le stockage sont:

haricots: 14 % - soja: 11 %.

I - COURBES D'ÉQUILIBRE AIR-GRAIN

[Fig. 290: Courbe d'équilibre air-légumineuse:](#)

- **haricot blanc (d'après données CEMAGREF.)**
- **soja (d'après PIXTON et WARBURTON.)**

II - MÉTHODES DE SÉCHAGE

1. Séchage naturel

Après la récolte, le produit est séché traditionnellement en gousses sur une aire de séchage, sur claies, ou sous abri ventilé. A la fin du séchage l'égrenage manuel ou mécanique est aisé.

La technique consistant à laisser sécher le produit sur pied n'est généralement pas satisfaisante car c'est souvent au champ que se produisent les fortes attaques des déprédateurs et notamment des insectes.

2. Séchage artificiel

Des expérimentations faites en France 1 pour le séchage des haricots rouges en plantes entières puis en gousses, n'ont pas donné des résultats

satisfaisants, principalement sur le plan énergétique (consommation spécifique d'environ 4000 mth/kg d'eau). Elles ont conduit les expérimentateurs à conseiller un séchage des produits en grains après battage en demi-sec (20 % - 25 %).

a) Exemple d'utilisation de cases de séchage

Les caractéristiques de la case sont:

Longueur: 3 m - largeur 2 m

Volume utile: 3,6 m³

Pente du faux fonds incliné 40 %.

Le produit est réparti sur une couche de 25 cm.

La case est équipée d'un ventilateur de 1 100 m³/h et d'un générateur d'air chaud de 19000 kcal/h.

La température de l'air chaud à l'attaque du grain est de 44° C.

On a pu sécher 1270 kg (846 kg/ml) de haricots rouges de 24,5 % à 15,4 % d'humidité en 25 h de séchage et 12 h 30 de ventilation froide.

Les apports réels du réchauffeur ont été de 200 550 mth, d'où une consommation thermique spécifique d'environ 1500 mth/kg d'eau.

Pour traiter plus rapidement de grandes quantités de produits, il faut envisager l'emploi de séchoirs continus (cf. Chapitre III) en veillant à ne pas appliquer des températures excessives pouvant altérer les qualités de la graine.

Pour le soja par exemple, il est conseillé de ne pas dépasser les valeurs suivantes:

Semences: 40° C - 45° C

Trituration alimentation: 65° C - 70° C

Aliments du bétail: 85° C - 90° C

b) Pertes de charge au travers du haricot (Données CNEEMA).

ΔP en mm CE par mètre linéaire

U_0 : vitesse d'air en cm/s

- **Haricot blanc (gousses):**

PS:

$$300 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,0245 U_0 + 0,0049 U_0^2$$

$$315 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,0289 U_0 + 0,0055 U_0^2$$

$$325 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,0322 U_0 + 0,0060 U_0^2$$

$$350 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,0418 U_0 + 0,0072 U_0^2$$

$$375 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,0540 U_0 + 0,0087 U_0^2$$

$$400 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,0697 U_0 + 0,0106 U_0^2$$

- **Haricot blanc (grains):**

PS:

$$700 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,2469 U_0 + 0,0162 U_0^2$$

$$725 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,3026 U_o + 0,0191 U_o^2$$

$$750 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,3718 U_o + 0,0227 U_o^2$$

$$775 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,4589 U_o + 0,0272 U_o^2$$

$$800 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,5699 U_o + 0,0327 U_o^2$$

$$803 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,5841 U_o + 0,0334 U_o^2$$

$$825 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,7114 U_o + 0,0396 U_o^2$$

$$850 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,8945 U_o + 0,0483 U_o^2$$

- Haricot rouge (grains):

PS:

$$750 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,4317 U_o + 0,0338 U_o^2$$

$$775 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,5236 U_o + 0,0399 U_o^2$$

$$800 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,6433 U_o + 0,0473 U_o^2$$

$$825 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,7903 U_o + 0,0563 U_o^2$$

$$843 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,9208 U_0 + 0,0642 U_0^2$$

$$850 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 0,9778 U_0 + 0,0677 U_0^2$$

$$875 \text{ kg/m}^3 \Delta P = 1,2145 U_0 + 0,0817 U_0^2$$

[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](#)

D - Stockage

I - LE POIDS SPÉCIFIQUE en vrac varie selon les espèces et les variétés:

haricot rouge : 800-850 kg/m³

haricot lima	: 750 kg/m ³
dolique	: 770 kg/m ³
pois	: 800-850 kg/m ³
soja	: 720-770 kg/m ³
haricots en gousses	: 400 kg/m ³

II - TYPES DE STOCKAGE

1. Stockage traditionnel

Les haricots sont parfois stockés en gousses dans des greniers aérés. Cependant cette technique n'est guère satisfaisante car elle nécessite des capacités de stockage importantes (le volume spécifique des gousses est de 6 à 6,5 fois plus élevé que celui des graines) et elle n'offre pas de garanties suffisantes. Il sera en particulier impossible de savoir si les grains enfermés dans leurs gousses sont ou non l'objet d'attaques d'insectes. (Certaines légumineuses cependant se conservent bien en gousses. C'est le cas, de l'arachide et de certaines variétés de Voandzou.)

Fig. 291: Pertes de charge dans le haricot.

En général, les légumineuses sont stockées en grains dans différents types de structure: greniers en terre, jarres, bouteilles de verre, etc. Parfois, les grains sont traditionnellement mélangés à de la cendre ou à du sable fin selon des techniques qui diffèrent d'ailleurs suivant les régions, les pays. Dans certains cas, les jarres sont fermées par un couvercle luté à l'argile pour éviter les réinfestations.

Amélioration du stockage traditionnel (cf. Chapitre IV).

Il faut suivre le schéma suivant:

- ***récolte dès maturité*** permettant ainsi d'éviter un séjour prolongé des produits au champ;
- ***préséchage éventuel en crib***;
- ***égrenage***;

- ***séchage des produits en grains***: séchage solaire amélioré en utilisant par exemple des séchoirs «Allgate» (feuille de plastique noir de faibles dimensions, pourvue d'oeillets pour le passage d'une corde et utilisée comme aire de séchage portative);
- ***stockage***: en grenier classique avec utilisation d'insecticide; mais le stockage hermétique, (sac plastique ou mieux bidons métalliques, etc.) de grains bien secs, donne généralement de meilleurs résultats.

2. Stockage commercial

Le stockage commercial des légumineuses s'effectue généralement en magasins. Les graines sont emballées le plus souvent dans des sacs en jute (45 à 90 kg), parfois dans des sacs en sisal. Les sacs en polypropylène tissé sont aujourd'hui utilisés mais, glissants, ils ne permettent pas des hauteurs de tas importantes.

Le volume spécifique des légumineuses stockées en sacs est de:
pois, haricots, lentilles.....1,3 m³/t.

Le stockage doit être conçu de façon à bien individualiser les tas pour permettre des inspections et des fumigations qui constituent la technique de traitement généralement utilisée contre les insectes.

Le stockage en vrac du soja exige une étude particulière de la manutention en raison de la grande fragilité de la graine.

III - LUTTE CONTRE LES INSECTES (Cf. Chap. VII)

Dans les zones où cette technique est traditionnelle, l'adjonction d'additifs inertes (sable fin, cendres de bois tamisées) peut être envisagée pour constituer un obstacle mécanique au déplacement des insectes.

Une autre technique a également été proposée qui consiste à mélanger les semences de légumineuses à de l'huile dans des proportions de 5 ml/kg. Elle doit être appliquée sur des grains parfaitement secs et traités en petites quantités (de l'ordre de 30 kg). Le film d'huile enrobant les grains aurait un effet d'engluage et d'asphyxie des adultes et des œufs. L'efficacité de ce traitement réside en partie dans le bon enrobage des grains.

Le stockage en atmosphère confiné est une technique de désinsectisation qui peut donner des résultats remarquables. Il est cependant impératif d'avoir du grain bien sec et surtout des structures parfaitement étanches. On peut donc recommander l'emploi de bidons métalliques de 200 l, de bouteilles de verre fermées avec un bouchon de liège, etc., mais les applications restent limitées.

Vers 1970, une technique a été testée d'utilisation de sacs en polyéthylène: sac blanc opaque de 30/100 mm d'épaisseur pouvant contenir 40 kg de niébé. Avant la fermeture du sac, une capsule ouverte de fumigant (tétrachlorure de carbone CCl₄) est déposée sur le grain. La principale difficulté de cette technique est l'approvisionnement en sacs et surtout leur fragilité.

Enfin, le traitement des grains (poudrage) par un insecticide chimique rémanent reste une technique à vulgariser en employant des produits peu nocifs pour les consommateurs.

Au niveau des magasins, les stocks sont généralement désinsectisés par fumigation sous bâche au PH, ou au bromure de méthyle. Un traitement de surface avec un insecticide de contact permet d'éviter les réinfestations. Un

important programme de lutte a été développé au Niger où le niébé est une denrée exportée vers le Nigéria voisin.

Fiche N° 5 - Arachide

[A - Généralités](#)

[B - Séchage de l'arachide](#)

[C - Stockage de l'arachide](#)

A - Généralités

L'arachide appartient à la famille des Papilionacées. Cette plante, originaire d'Amérique tropicale, est une légumineuse annuelle cultivée pour ses graines riches en huile.

Composition de l'amande:

Lipides 45 à 54 %

Protides 20 à 26 %

Glucides 9 à 12 %

Les sous-produits d'huilerie (tourteaux) riches en matières azotées, matières grasses, vitamines et sels minéraux, sont utilisés en alimentation animale.

Enfin une partie de la production d'arachide est, suivant les variétés, destinée à être consommée sous forme d'arachide de bouche.

[Fig. 292: Aspects externe et interne d'une gousse. \(D'après P. HUBERT.\)](#)

Après fécondation de la plante, le développement d'un gynophore porte en terre l'ovaire qui va se développer en gousse à quelques centimètres sous la surface du sol.

A la récolte, les gousses à maturité sont encore à 35 % - 45 % d'humidité. A cette humidité les cotylédons sont collés à la coque. Pour effectuer le battage, il faut attendre que l'amande ait atteint 20 % d'humidité et se soit décollée

de la coque. Pour ce premier séchage, on a coutume, notamment dans les pays du Sahel, de disposer les arachides en andains aérés en évitant toutefois une exposition directe des gousses au soleil. Après quelques jours, l'arachide atteint une humidité de 15 % à 20 % et peut être battue.

B - Séchage de l'arachide

Le séchage de l'arachide s'effectue sur gousses. L'humidité de conservation ne doit pas dépasser 7 dépasser - 8 % pour éviter des risques d'échauffement et de développement de moisissures.

I - COURSE D'ÉQUILIBRE AIR-ARACHIDE

Les courbes d'équilibre air-arachide (Fig. 293) montrent des différences importantes d'hygroscopicité entre les amandes et les coques.

[Fig. 293: Courbes «équilibre air-arachide \(à 32° C\).](#)

II - PRATIQUE DU SÉCHAGE

Dans les zones sèches, les conditions climatiques sont telles qu'elles permettent d'effectuer un séchage en andains. Après plusieurs semaines le produit aura atteint l'humidité de sauvegarde de 7 à 8 %. Il peut alors être battu et stocké.

Dans les zones humides le séchage complet au champ n'est pas possible et constitue souvent le frein à l'extension de la culture. La technique classique consiste alors à laisser sécher le produit en andain pendant quelques jours de façon à abaisser son humidité jusqu'à 20 % - 25 % puis à le battre. Cependant, à cette humidité, les gousses ne peuvent être stockées sans risques d'échauffement et de détérioration (après quelques heures). Il est donc indispensable de faire suivre le préséchage naturel d'un séchage artificiel qui doit être suffisamment rapide pour éviter le développement des moisissures et notamment des *Aspergillus* responsables de la production de mycotoxines (aflatoxines).

Enfin, un séchage artificiel total abaissant en quelques heures l'humidité du produit de 40 % à 7 % - 8 % n'est généralement pas à recommander car il détériore le produit. Il ne peut être envisagé que dans le cas où l'arachide est

immédiatement utilisée par les industries de transformation. La dessiccation trop rapide provoque soit un blocage du transfert d'humidité (croûtage), soit l'apparition de graines ridées, soit l'éclatement des coques.

III - SÉCHOIRS

Les séchoirs généralement utilisés sont des modèles statiques (cases de séchage, remorques-sécheuses à double fond, cellules séchoirs, magasins à plancher perforé ou à gaines, etc.).

Il est conseillé de suivre les règles de séchage suivantes

- La température de l'air de séchage ne doit pas dépasser 35° C (ou ne pas être réchauffé de plus de 5 à 6° C par rapport à l'air ambiant) pour ne pas risquer d'altérer les qualités organoleptiques de l'arachide de bouche ou la faculté germinative des semences.**
- La hauteur maximale de la couche de produit à sécher ne doit pas dépasser 3 m. Cette hauteur est fonction de l'humidité initiale (Fig.**

294).

- Le débit spécifique de l'air est généralement choisi entre 300 et 600 m³/h/m³.

Si les arachides ont déjà été séchées en andains jusqu'à un taux d'humidité de 14 % à 18 % il est possible de terminer le séchage avec l'air ambiant (à condition que son humidité relative soit inférieure à 70 %) à un débit spécifique de 20 m³/h/m³ de produit.

[Fig. 294: Schéma: hauteur de la couche de produit à sécher en fonction de l'humidité initiale.](#)

PERTES DE CHARGE EN VENTILATION (variété Virginia) EN FONCTION DU DÉBIT D'AIR (Pertes de charge exprimées en mm CE)

Humidité (en %)	50	45	40	35	30	25	20	15
Débit spécifique	1800	1500	1200	900	750	600	450	300

d'air (en m ³ /h/m ³) Épaisseur (en mm):									
3,05	×	×	×	×	×	×	47,0	22,9	
2,75	×	×	×	×	×	60,0	34,3	17,3	
2,44	×	×	×	×	64,8	43,2	25,4	12,7	
2,13	×	×	×	×	44,5	29,2	19,0	8,4	
1,83	×	×	×	40,6	27,9	19,0	11,4	5,6	
1,52	×	×	40,6	23,9	17,8	11,4	6,3	3,6	
1,22	×	31,9	21,3	12,2	9,2	6,3	3,8	1,8	
0,91	20,0	14,2	9,6	5,8	4,3	2,8	1,8	1,0	
0,61	7,4	4,6	3,1	2,0	1,5	1,0	0,8	0,5	

Nous présentons ci-après quelques exemples d'installations existantes extraits de la littérature.

- Séchage en sacs ventilés par des gaines verticales.

Débit spécifique : 600 m³ d'air/h/m³.

Vitesse de séchage : de 30 % à 8 % MH en 8 à 10 jours.

- Séchage en couche de 40 à 60 cm placée sur plancher perforé (Nigéria-Alabama).

Débit spécifique : 1000 à 1500 m³/h/m³.

Température de l'air : 35° C à 45° C.

Séchage de 40 à 8 % : 40 h à 12 h.

[Fig. 295: Schéma d'une installation de stockage en coques, zones tropicales humides.](#)

- Cellules de stockage ventilées par gaines (Congo).

Ces cellules rectangulaires de 200 m³ (50 t) sont ventilées par 2 gaines

longitudinales (Fig. 295). Pour du produit semi-sec les débits spécifiques sont nettement plus faibles que pour du produit humide:

Séchage de 14 à 8 % : de 4 à 8 jours.

Débit spécifique : 35 m³/h/m³.

Séchage de 30 à 6 % : de 4 à 6 jours.

Débit spécifique : 600 à 900 m³/h/m³ (air à 30° C).

De ces exemples, il ressort que chaque installation doit être adaptée en fonction de l'exploitation, de l'apport journalier, de l'humidité initiale, des conditions climatiques locales et de la destination des arachides.

C - Stockage de l'arachide

Traditionnellement l'arachide est stockée en coque. Cette dernière constitue en effet une protection naturelle des graines contre les divers facteurs de dégradations (humidité, température, déprédateurs, chocs mécaniques, etc.). Les semences et les arachides d'huilerie sont conservées sous cette forme.

Dans les zones sèches, le produit peut atteindre des humidités très faibles (3 %). A ce niveau d'humidité, le décortiquage entraîne un taux élevé de «splittage» et de brisures. Pour cette raison les arachides de bouche sont stockées en graines, le décortiquage étant exécuté à une humidité supérieure à 6 %.

Le poids spécifique des arachides en coques varie suivant les variétés: on peut retenir 200 à 350 kg/m³ et l'angle de talus naturel est de 38°.

Le poids spécifique des arachides en graines est de 550 kg/m³ à 670 kg/m³ et l'angle du talus naturel est de 26° à 30°.

Pour obtenir un produit bien conservé, il est indispensable qu'il soit de bonne qualité initiale.

Au niveau de la réception, les contrôles d'usage doivent avoir lieu pour la vérifier:

Il faut que le produit soit sec: l'humidité devra être inférieure à 10 %, et soit

propre: la tolérance en corps étrangers est habituellement de 1 % (0,1 % pour l'arachide de bouche destinée à l'exportation).

Les corps étrangers (sable, terre, restes de gynophores, bâtonnets...) peuvent être éliminés par passage au crible (la terre d'arachide, très fertile, est recherchée par les maraîchers).

I - TYPES DE STOCKAGE

1. A l'air libre

Dans les zones sahéliennes les arachides coques sont fréquemment stockées à l'air libre en «Secco».

Les aires de stockage doivent être situées sur des points hauts, elles sont constituées d'une plate-forme bétonnée ou goudronnée pour éviter les remontées d'humidité et l'attaque des termites. Dans certains cas la plate-forme pourra être en latérite compactée et traitée avec un insecticide.

La hauteur des seccos peut atteindre 15 m sans que les coques de la base ne soient écrasées.

La largeur de la plate-forme permet de déterminer cette hauteur sachant que l'angle du talus naturel est de 38° ($H = L/2 \sin 38^\circ$). Cette hauteur peut être augmentée en constituant des murets en sacs de 1 à 3 m de hauteur (de 2 à 4 épaisseurs de sacs) (fig. 296).

[Fig. 296: Schémas de «Seccos».](#)

Le produit peut être changé mécaniquement à l'aide d'une bande transporteuse inclinée («Sauterelle»).

Lorsqu'il existe des risques de pluies, les pyramides d'arachides doivent être recouvertes de bâches tendues par des contrepoids. Un fossé est creusé autour des tas pour évacuer les eaux de pluies.

Les arachides graines conservées en sac peuvent également être stockées à l'extérieur. Les sacs doivent être correctement disposés pour constituer des

pyramides stables dont les pentes peuvent être plus importantes que celles des tas d'arachides coques (45° à 50°).

2. Stockage en magasin

a) Magasin classique

Les tas d'arachides sont disposés dans les magasins de façon à éviter, le contact avec les parois et à laisser la place à un couloir périphérique d'inspection. La technique consistant à élever des murets de sacs est utilisée pour augmenter la hauteur des tas. Dans les grands centres, le remplissage peut se faire à l'aide de bandes transporteuses suspendues à la charpente.

[Fig. 298: Schéma d'un magasin de stockage en vrac.](#)

Pour la vidange, certains magasins sont équipés de transporteurs à chaîne ou de vis de reprise centrales, le fond en V très ouvert du magasin favorise la vidange. Dans certains cas la reprise se fait sur le côté ou en fond de magasin. Une pelle tirée par un câble permet d'alimenter les appareils de reprise et

d'effectuer une vidange totale.

Le stockage en magasin de l'arachide de bouche se pratique exclusivement en sacs. La gestion de tels magasins ne diffère pas de celle appliquée pour le stockage des céréales (cf. Chapitre V).

b) Magasins réfrigérés (cf. 5.6.)

Pour la conservation de longue durée de l'arachide et notamment des stocks de sécurité de semences, l'utilisation de magasins réfrigérés est intéressante. Une expérience de ce type a été faite à Louga au Sénégal où l'on a conservé de l'arachide en graines à 0° - 2° C pour un stockage de 20 mois, et à 4° - 6° C pour un stockage de 7 - 8 mois, l'humidité relative de l'air étant de 60 % - 70 %.

3. Stockage en silo

Le stockage des graines en silo n'est envisageable qu'au niveau des industries de transformation où le problème des brisures n'est pas essentiel. Il est

possible de stocker sur des hauteurs pouvant atteindre 30 m alors que pour conserver des graines entières il faut se limiter à environ 12 m. Le contrôle du taux d'humidité du produit est très important et il est essentiel de prévenir les reprises d'humidité qui se traduisent par un gonflement du produit risquant de faire éclater les cellules. Le même problème peut survenir dans un stockage en vrac en magasin si le produit repose contre les parois. Le stockage hermétique sous gaz inerte intéressant pour stabiliser le produit mais en général trop coûteux.

4. Stockage sous vide

Cette technique (cf. chapitre IX) est intéressante pour la constitution de stocks de sécurité de semences et pour le conditionnement des arachides de bouche.

II - STOCKAGE DES TOURTEAUX

1. Les tourteaux d'arachides, sous-produits d'huilerie riches en matières azotées et matières grasses (notamment le tourteau de pression continue qui

contient encore 4 à 5 % de matières grasses, parfois 8 à 12 %), sont utilisés pour l'alimentation du bétail.

(Le tourteau d'extraction par solvant ne contient, lui, que 0,5 % d'huile).

A la sortie des presses, les écailles de tourteaux, chaudes et sèches, doivent être progressivement refroidies pour être stockées en sacs ou en vrac.

Les problèmes de conservation sont liés à l'oxydation des huiles encore contenues dans les tourteaux: oxydation qui entraîne un dégagement de chaleur important et la dégradation du produit. La durée de stockage est d'autant plus courte que la teneur en huile est élevée.

DURÉE DE STOCKAGE DES TOURTEAUX, d'après GILLIER et BOCKELEE-MORVAN (I.P.H.O.).

Durée de stockage	Teneur en huile (extraction à l'Hexane)	
	Stockage en ambiance normale	Stockage en air conditionné

0	9,0 %	8,4 %
3 mois	7,7 %	7,8 %
5 mois	7,7 %	7,8 %
7 mois	5,8 %	7,8 %
11 mois	4,0 %	7,8 %

2. Le principal problème en cours de stockage (comme pour les arachides gousses et graines) est celui du développement des moisissures et notamment des *Aspergillus* qui dans certaines conditions des substances hautement toxiques: les aflatoxines (cf. Chapitre I). On peut noter que les mycotoxines déjà présentes dans la graine se retrouvent en grande partie dans les tourteaux. La faible proportion qui passe dans l'huile est éliminée au cours du raffinage.

On doit contrôler avec une particulière attention tous les tourteaux ayant subi une réhumidification.

III - ENNEMIS DES STOCKS: INSECTES

Outre les attaques de moisissures, les arachides stockées peuvent être l'objet de déprédations de la part des insectes. Même en stockage en gousses où une protection naturelle des graines est assurée par la coque, certains insectes peuvent perforer les coques.

C'est en particulier le cas des broches (*Caryedon serratus* [Oliv.]) et des punaises (*Aphanus* spp.). Les broches provoquent des dégâts par les larves qui se développent dans lu coques en consommant les graines (cotylédons). Comme dans le cas de haricots, elles ne sont pas exclusivement des insectes des entrepôts, leur attaque peut se développer au champ ou dans les stocks à l'air libre.

[Fig. 299: Bruche des arachides. - *Caryedon serratus* \(Oliv.\) - \(Doc. DEGESCH.\)](#)

D'autres insectes peuvent se développer dans les stocks d'arachides graines ou sur des gousses abîmées: il s'agit du trogoderme et des triboliums. Les

larves de trogoderme détériorent les sacs et souillent les produits.

IV - MOYENS DE LUTTE: DÉSINSECTISATION

1. Traitement de contact

Avant tout stockage il faut effectuer le traitement des locaux puis traiter les produits par mélange avec du insecticides de contact. Le traitement (poudrage) s'effectue souvent par la méthode sandwich en chargeant couche après couche.

Les insecticides de contact aujourd'hui utilisés sont les organophosphorés. Les produits souvent employés sont le bromophos (500 g/t de poudre 2 %) ou l'iodofenphos (1 000 g/t poudre 2 %). D'autres produits rémanents sont aujourd'hui disponibles (cf. Chapitre VII).

Les insecticides de contact assurent une bonne protection contre les insectes à condition que le produit n'arrive pas déjà infesté par les bruches; c'est pourquoi dans bien des cas, et notamment lorsqu'il s'agit de semences, il est

indispensable de traiter immédiatement par fumigation.

2. Fumigation

La fumigation au bromure de méthyle est généralement pratiquée. Elle peut se faire soit sous pyramides bâchées, soit en chambre de fumigation. La dose utilisée est de 30 g/m³ (90 g/t d'arachide coque) pour une fumigation d'une durée inférieure à 24 h.

La fumigation au bromure de méthyle doit se faire sur du produit bien sec car il y a un risque de phytotoxicité avec, pour les semences, une forte baisse de la faculté germinative. C'est pourquoi il est souvent préférable (et plus simple) d'effectuer une fumigation au phosphure d'hydrogène (PH₃) tout en sachant que dans les zones très sèches la décomposition des pastilles de PH₃ est difficile.

Pour plus de précisions concernant les techniques de désinsectisation, les produits utilisables et les matériels, le lecteur peut se reporter au Chapitre VII.

[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](#)

Fiche N° 6 - Cacao

[A - Généralités](#)

[B - Conservation](#)

[C - Séchage du cacao](#)

[D - Stockage](#)

A - Généralités

I - PRÉSENTATION

Le cacao est une plante stimulante de la famille des Sterculiacées. L'espèce cultivée est *Theobroma cacao* L. Le fruit du cacayoer, appelé communément «cabosse», pèse en moyenne 400 g et contient une quarantaine de fèves entourées d'un mucilage sucré et acidulé (acide citrique) et fixées sur un rachis central. Les fèves sont riches en matières grasses polyphénols, protéines et alcaloïdes à propriétés stimulantes: théobromine surtout, et caféine.

[Fig. 300: Coupe d'une cabosse.](#)

[Fig. 301: Coupe longitudinale de la fève.](#)

Composition:

La composition histologique de la fève se répartit en moyenne comme suit:

cotylédons : 89 %

coque : 10 %

germe : 1 %

La composition chimique des cotylédons fermentés (par rapport la matière sèche) est la suivante:

matières grasses : 55 %

amidon : 6,3 %

pourpre et brun de cacao : 4,3 %

pectines : 4,2 %

théobromine : 1,7 %

caféine : 0,1 %

glucose : 0,1 %

acide acétique : 0,14 %

II - TECHNOLOGIE

1. La première opération est l'écabossage qui consiste à fendre la cabosse pour en retirer les fèves. L'ouverture des cabosses, encore aujourd'hui bien souvent manuelle, s'effectue avec un couteau ou une machette ou encore en les frappant avec un morceau de bois, les débits atteints sont de 200 cabosses/h soit environ 1500 cabosses par jour. Des machines sont également utilisées parmi lesquelles l'écabosseur à main la «cacaoëtte» qui permet de traiter 1000 cabosses à l'heure (moteur de 2 ch).

Les fèves fraîches ainsi obtenues ont une humidité de 65 % à 75 % et un poids spécifique d'environ 900 kg/m³. Elles sont gluantes en raison du mucilage qui les entoure.

2. La seconde opération est la fermentation. A la sortie du fruit, le mucilage est microbiologiquement stérile. Il seraensemencé en levures par les mains des opérateurs, par les insectes (drosophiles, guêpes) présents autour des fèves, par les feuilles de bananiers souvent utilisées pour recouvrir les tas de fèves en fermentation.

Pendant une première phase aérobie, qui dure environ 48 heures, il y a une

multiplication rapide des levures qui vont ensuite, au cours d'une fermentation alcoolique (en anaérobiose), transformer les sucres en alcool. Au cours de cette seconde phase qui dure environ 48 h, il y a un très fort dégagement de chaleur qui fait monter la masse de fèves en température (de 25° C à 48° C - 50° C). Enfin, par oxydation, il y a formation d'acide acétique. Cette fermentation acétique productrice de chaleur va aider à tuer le germe et l'acide acétique produit va pénétrer dans l'amande et lyser les parois cellulaires.

Au cours de la fermentation l'amande connaît donc d'importantes transformations. Les protéines sont dégradées par les protéinases et les polyphénols sont détruits par les polyphénoloxydases. Les produits de dégradations des protéines (peptides, acides aminés, ammoniac) et des polyphénols vont former les précurseurs d'arôme.

La durée de fermentation est variable suivant les conditions climatiques, la maturité des fruits, et la masse mise à fermenter (minimum 200 kg à 300 kg); elle dure en général de 6 à 8 jours. Un brassage de fèves après 24 h, puis ensuite toutes les 48 h, permet une homogénéisation des lots.

Traditionnellement la fermentation s'effectue en tas, ou dans des caisses, tapissés et recouverts de feuilles de bananiers.

On cherche aujourd'hui à automatiser cette phase de fermentation en disposant le cacao en une couche «mince» de 1 m sur un faux fond perforé, traversée par de l'air usé mais encore chaud provenant du séchoir. On récupère ainsi des calories de l'air provenant de la zone séchage pour accélérer la formation des levures (cf. fig. 305: Schéma d'une usine de traitement du cacao en Côte d'Ivoire).

N.B.: Le fer ne doit pas être employé dans les installations, car son contact avec les fèves en fermentation produit des tannates très colorés qui dégradent leur aspect.

A l'issue de cette seconde opération, on obtient des fèves fermentées ayant un poids spécifique d'environ 690 kg/m^3 et une humidité de 55 %.

Avant d'être conditionnées et stockées, les fèves devront être séchées jusqu'à une teneur en eau d'environ 7 %. Dans certains cas, les fèves sont lavées

avant d'être séchées, afin de les débarrasser de restes de mucilage.

B - Conservation

Le cacao produit en zone forestière est difficile à conserver, en raison des conditions climatiques particulièrement défavorables: chaleur et humidité élevées. Il en est de même dans les zones portuaires, où le produit est souvent stocké et éventuellement reconditionné avant son exportation. Les transactions étant souvent spéculatives la possibilité de stocker sans altération est primordiale.

Le planteur est souvent insuffisamment équipé:

- séchage incomplet, car il ne dispose que de l'énergie solaire, faible lorsque la récolte correspond à la saison des pluies,**
- lieu d'entreposage précaire,**
- routes parfois impraticables obligeant à un séjour prolongé du**

cacao en zone de production.

En zone portuaire, l'humidité est souvent élevée (80 à 85 % de moyenne annuelle), mais des moyens sont disponibles tels la désinsectisation et le reséchage du produit.

Selon les normes internationales actuelles, le cacao doit être exporté avec une teneur en eau n'excédant pas 7,5 %, qui correspond à une humidité relative d'équilibre de l'air de 70 % (cf. courbes de sorption). Partant de conditions climatiques favorables telles que l'air à 70 % HR et 30° C durant les heures les plus chaudes de la journée, il suffit d'un abaissement de la température de 6° C pour atteindre le point de rosée et de 3° C seulement pour passer de 70 à 85 % HR, zone dans laquelle les moisissures pourront se développer facilement.

Les cotylédons des fèves sont peu hygroscopiques, mais la coque l'est fortement, car des restes de mucilage contenant du glucose lui sont accolés. Il suffira de faibles variations de teneur en eau pour permettre le développement des moisissures (qui trouvent un milieu nutritif favorable:

sucres, matières grasses...), mais aussi des insectes, en particulier la mite (Ephestia sp.), qui occasionne de très graves dégâts. Certains aspergillus peuvent proliférer à des humidités relativement basses (60 %), mais ce sont les mites qu'il faut craindre à ce stade, car même dans les magasins dont l'humidité relative est régulée à 65 %, elles peuvent encore opérer leur cycle biologique complet même si, à ce niveau d'humidité, la mortalité de la population devient importante.

Le cacao est un produit fragile, surtout lorsque sa teneur en eau est faible et lorsqu'il a subi un reséchage, car sa coque devient friable. Les manutentions sont rendues délicates et la hauteur d'empilement doit être réduite (< 5 m) afin d'éviter l'écrasement des fèves.

En résumé, pour conserver le cacao, il faut maîtriser de nombreux facteurs:

- teneur en eau du produit,**
- propreté du cacao (éviter poussières et brisures, qui favorisent fortement le développement des moisissures et des mites),**

- **désinsectisation,**
- **entretien des sacs,**
- **isolation thermique du magasin, pour éviter les variations de température trop importantes,**
- **résistance des matériaux à la corrosion lors du stockage en silo (l'acide acétique attaque les parois en béton et le métal),**
- **éviter de gerber trop haut (risque d'écrasement des fèves) (en général empilage sur 5 m de hauteur).**

C - Séchage du cacao

Après la fermentation, les fèves sont à une humidité de 55 % et doivent être séchées jusqu'à 7 % (teneur en eau du cacao marchand).

I - COURBE D'ÉQUILIBRE AIR-PRODUIT

Voir Fig. 302.

II - MÉTHODES DE SÉCHAGE

1. Séchage naturel

Le principal type de séchage utilisé est bien entendu le séchage naturel, surtout dans les petites plantations. Les fèves sont étalées sur des nattes, soit posées sur le sol, soit surélevées à 1 m environ et chargées à raison de 15 à 25 kg/m². Certains planteurs utilisent des aires en ciment mais il est préférable d'utiliser les nattes car elles ne présentent pas le risque de surchauffer la coque et de la faire éclater. De plus, le ciment, même bien fait, se fissure et permet aux moisissures de s'y fixer. Lors du remuage, les fèves sont plus facilement abîmées ce qui rend leur stockage plus difficile.

[Fig. 302: Courbe d'équilibre Air-Cacao. \(Doc. IRCC.\)](#)

Le séchage solaire sur nattes est excellent; la nuit, le cacao peut être rassemblé de façon à éviter des reprises trop importantes en eau surtout en

fin de séchage.

Les nattes traditionnelles peuvent être remplacées par des bâches de séchage en polyéthylène noir traitées contre les rayons U.V., elles sont disponibles en différentes épaisseurs (de 20/100 à 30/100) et sont relativement légères (200 g à 300 g/m²).

Au cours de ce séchage lent et à basse température, les enzymes poursuivent leur action et les réactions commencées au cours de la fermentation achèvent de former les précurseurs d'arôme.

Cependant, lorsque la période de récolte correspond avec celle de la saison des pluies, il est difficile d'arriver à une teneur en eau finale de 7,5 % et l'utilisation du séchoir artificiel s'avère nécessaire.

Dans les grandes plantations, il devient difficile de procéder au séchage solaire classique, car la main-d'œuvre nécessaire devient trop importante et il est malaisé de protéger le cacao en cas de pluie. Des dispositifs mécaniques simples facilitent les manutentions. De grandes claies roulantes montées sur

rails et à différents niveaux sont utilisées («séchoirs autobus»). Dans d'autres cas, ce sont des toits mobiles qui viennent recouvrir les claies ou plateformes fixes (Fig. 303). Au cours du séchage, le cacao doit être fréquemment remué pour l'homogénéiser et éviter la prise en masse, notamment en début de séchage. Il doit également être trié de manière à éliminer les débris de cabosses, les fèves plates, les fèves brisées, les débris de placenta...

Le séchoir solaire basculant mis au point par l'I.T.I.P.A.T. en Côte d'Ivoire n'a pas connu de diffusion importante (cf. Chapitre III, paragraphe 3.4.3.). La durée de séchage varie de 8 à 15 jours selon les conditions climatiques pour des charges n'excédant pas 2.0 kg/m².

2. Séchage artificiel

Il faut distinguer le séchage artificiel intégral du séchage artificiel intervenant après un préséchage ou un séchage solaire. Les types d'appareils à utiliser seront différents, car, directement après fermentation, les fèves de cacao sont recouvertes de restes de mucilage et gorgées d'eau, ce qui empêche l'emploi de matériels classiques du types à céréales.

Les précautions à prendre avec des fèves sortant de fermentation résultent du produit lui-même qui contient de l'acide acétique (corrosion des parties métalliques non protégées) et des tannins qui, en présence du fer, donnent des tannates noirs (très mauvaise présentation du produit). Les planchers perforés classiques galvanisés sont assez rapidement corrodés (11 à 15 mois). Il est recommandé d'utiliser l'aluminium (inattaquable) ou éventuellement le bois ou le plastique. La température maximum que le produit peut atteindre est de 55° C. Au-delà, il y a des risques de destruction de la polyphénoloxydase responsable du brunissement des fèves (facteur de qualité).

III - LES SÉCHOIRS

1. Séchoir non mécanique

Modèles SAMOA ou BROOKS (Fig. 91).

Il s'agit en fait d'un four plutôt que d'un séchoir, car il n'y a pas de ventilation forcée d'air au travers de la masse. Le courant d'air s'établit par ascendance

de l'air chaud.

Ces séchoirs artisanaux construits généralement avec des matériaux locaux sont faciles à installer et d'un coût peu élevé. Ils conviennent pour les petites coopératives et les exploitations de moyenne importance. Ils sont constitués par une plate-forme de séchage en ciment, en ardoise ou encore par des claies. Sous la plateforme passe un tuyau de circulation d'air chaud, constitué par des fûts soudés bout à bout et disposés en pente légère. Dans le dernier fût une cheminée d'évacuation des gaz brûlés est scellée. Le premier fût et le foyer sont calorifugés par des briques réfractaires si possible, car la chaleur du feu de bois est parfois intense et risque de corroder la tôle très rapidement.

Ce type de séchoir demande une surveillance pour l'entretien du foyer et, si des fuites se produisent dans le tuyau, les fumées d'évacuation passent au travers des fèves, qui prennent rapidement un goût caractéristique («goût de jambon», «goût de fumée»). Ces séchoirs consomment une grande quantité de bois lequel devient de plus en plus coûteux.

Ce type de séchoir statique provoque une hétérogénéité de séchage en dépit

de la faible épaisseur de la couche de cacao (25 cm à 30 cm). Il est possible de l'améliorer en disposant des petits ventilateurs, brasseurs d'air sous le faux fond et en l'équipant d'un système de brassage de la masse, mais l'on se rapproche alors des séchoirs mécaniques.

2. Séchoirs mécaniques

a) Séchoirs statiques

Les séchoirs statiques (Fig. 304), sont souvent utilisés en plantation. Il s'agit d'une plate-forme constituée par un treillis métallique ou une tôle perforée sous laquelle est pulsé de l'air chaud provenant d'un générateur à échangeur, alimenté soit au fuel, soit au bois. Le fuel est de plus en plus utilisé pour des raisons de commodités d'emploi et de réglage de température.

Un système plus perfectionné consiste à faire circuler un remueur-déblayeur (arbre muni de palettes ou de doigts) animé d'un mouvement de rotation ou non. Ce système évite la prise en masse du cacao, surtout dans la phase humide du séchage (60 à 30 % d'eau), permet d'homogénéiser la masse, et ne

nécessite plus de manutention, le produit étant évacué à l'extrémité du séchoir (Fig. 44).

Fig. 304: Séchoir à cacao.

Ces séchoirs statiques sont généralement d'un coût peu élevé à l'achat, mais sont peu économiques à l'usage, car l'air n'est pas recyclé et, en fin de séchage, sort après avoir traversé la couche de cacao avec une humidité relative trop basse (faible rendement thermique). Il est important de travailler sur une épaisseur de couche aussi élevée que possible pour sécher économiquement le produit. (En général la couche est de 30 à 40 cm). Néanmoins ce type de séchoir est surtout utile lorsque le produit à sécher sort de fermentation, en complément au séchage solaire. La température d'attaque de l'air ne doit pas dépasser 60° C à 65° C pour que l'acidité des fèves reste faible. En pratique, on cherche à se rapprocher du séchage solaire. Les vitesses d'air doivent être lentes (0,4 m/s à 0,5 m/s), et le séchage de 55 % à 7 % doit durer au moins 20 h, c'est-à-dire que la vitesse de séchage ne doit pas dépasser 2,5 % par heure.

Dans l'unité-pilote de traitement de cacao à Daloa (cf. Fig. 305) le séchoir est à double plateau. Les fèves venant de la zone «fermentation» sont préséchées sur le plateau supérieur, la finition du séchage s'effectuant à la partie inférieure du séchoir avec une température d'attaque de l'air chaud de 65° C - 70° C.

b) Séchoirs rotatifs (cf. Fig. 306)

Le séchage complet en séchoir rotatif dure environ 30 heures, cependant il est conseillé de procéder à un préséchage solaire des fèves pendant 24 heures pour éviter de colmater les perforations des grilles. Le séchage final en séchoir rotatif sera alors achevé en 20 heures.

Les séchoirs de types GUARDIOLA ou OKRASSA, déjà fort anciens, sont encore utilisés. Ils se composent d'un cylindre (en aluminium) perforé et compartimenté, monté sur un châssis, et animé d'un mouvement de rotation.

[Fig. 305: Schéma d'une usine de traitement continu du cacao. \(D'après IRCC.\)](#)

Fig. 306: Séchoir rotatif «Guardiola». (Doc. BENTALL.)

La distribution d'air chaud est assurée par un tube central perforé ou par des tubes perforés radiaux fixés sur l'arbre creux. On leur reproche:

- un investissement élevé pour la capacité de séchage,**
- un rendement calorifique faible,**
- une puissance installée élevée/kg de cacao traité,**
- un remplissage et une vidange malaisés.**

c) Séchoirs verticaux type séchoir à grains

Dans les ateliers de reconditionnement et dans les entrepôts, le séchoir vertical est souvent intéressant car il permet

- un débit important,**
- un rendement thermodynamique généralement plus élevé,**
- un travail en continu,**
- une homogénéisation plus grande du produit,**

- **un contrôle plus aisé des températures,**
- **une possibilité de recyclage de l'air.**

Il faut cependant noter à son désavantage:

- **un montant élevé de l'investissement,**
- **un risque de corrosion rapide,**
- **des risques d'incendie.**

Après séchage, les fèves ont une humidité de 6 % à 7 %, elles peuvent alors être conditionnées pour être stockées. A cette humidité leur poids spécifique est de 520 à 530 kg/m³ et elles sont devenues fragiles. Rappelons que les fèves fraîches représentent 25 % en poids de la cabosse et que les fèves sèches représentent 44 % en poids des fèves fraîches. Donc 20 à 25 cabosses (8 à 10 kg) donneront 2 kg à 2,5 kg de fèves fraîches qui, après séchage à 7 %, représenteront environ 1 kg de fèves sèches.

Pour contrôler l'humidité du produit, il sera nécessaire d'utiliser un doseur d'humidité.

La méthode la plus précise consistera à utiliser l'étuve lente à une température de 103° C, la mesure s'effectue sur 10 g de fèves en 16 heures. Cette méthode est longue. On peut donc envisager l'utilisation de l'étuve rapide CHOPIN permettant une mesure plus rapide. Seuls les humidimètres à constante diélectrique pourront donner une mesure quasi instantanée (ex.: DICKEY JOHN) (Cf. Chapitre VI).

D - Stockage

I - TYPES DE STOCKAGE

1. Stockage en sacs

Le cacao est généralement stocké en sacs jute de 65 kg. La palettisation utilise classiquement des palettes de 1,80 x 1,40 (2,52 m²), chargée par couches de 10 sacs sur une hauteur ne dépassant pas 5 m. Aux magasins ventilés où les variations de température peuvent entraîner des risques de condensations, on préfère généralement, pour un stockage à long terme, les magasins bien isolés thermiquement et de volume important de façon à obtenir un volant

thermique suffisant. Ces magasins sont fermés la nuit et ouverts durant les heures les plus chaudes du jour ce qui permet d'emprisonner un air chaud et d'éviter les variations trop importantes de température journalière.

Pour améliorer l'isolation on utilisera des matériaux ayant une bonne inertie thermique, en évitant en particulier l'emploi de toiture et bardage en tôle.

Les magasins «hermétiques» SACO réalisés en Côte-d'Ivoire sont entièrement en béton. Il s'agit d'entrepôts de 5 500 m² (3 500 m² utiles) dont les murs sont constitués de 2 rangées de parpaings de 10 cm d'épaisseur séparées par une lame d'air de 7 cm, le toit étant une voûte en béton. Cette technique permet de maintenir l'humidité relative de l'air en dessous de 70 %, ce qui limite le développement des moisissures.

Les stocks en magasin sont exposés aux attaques des déprédateurs. Il est donc indispensable de prendre les dispositions nécessaires pour prévenir les altérations (cf. Chapitre V et VII).

2. Stockage en vrac

Le stockage du cacao en vrac à long terme dans les pays producteurs est encore peu développé.

Un silo expérimental de 3 000 t a été réalisé à Vridi (Côte-d'Ivoire) et fonctionne depuis 10 ans environ. La technique utilisée est celle du stockage sous gaz inerte (cf, Fig. 210).

Le silo, en acier autopatinable comporte 10 cellules de 350 m³ et 8 cellules de 75 m³; ce sont des cellules métalliques soudées. Le gaz inerte (N₂: 85 %; CO₂: 12 à 14 %; O₂: 1 à 3 %) est obtenu par combustion du butane et introduit au bas des cellules. La composition de l'atmosphère dans la cellule est contrôlée et du gaz est réintroduit chaque fois que la teneur en O₂ dépasse 3 %. Pour éviter le phénomène de condensation qui pourrait apparaître en haut des cellules, le constructeur propose d'isoler le plafond métallique par un plancher en béton.

3. Stockage sous vide (cf. 6.5.2.1.)

Des essais de stockage de cacao sous vide ont été réalisés au Cameroun en

1977 avec 20 poches de 250 l stockées sous hangar pendant 20 mois. Les insectes ont été totalement supprimés par le vide, le développement de la microflore a été stoppé, et les qualités organoleptiques des fèves n'ont pas été altérées.

Des expériences ont été conduites en Côte-d'Ivoire pour tester la conservation du cacao sous vide selon le procédé de «capatainérisation» VCI. Le cacao est stocké en «capatainers», grandes poches de forme cubique de 250 l à 1 100 l constituées de polyéthylène basse densité de forte épaisseur (1 mm) additionné d'agents antioxydant et anti-UV. Ces poches peuvent être stockées à l'air libre et empilées sur 3 épaisseurs.

Après mise sous vide et remplissage dans une enceinte à vide, les poches sont soudées hermétiquement, palettisées et stockées. Pour la vidange, l'ouverture se fait à l'aide d'un objet acéré (couteau, pointe...) qui éventre la poche au-dessus d'une trémie.

La machine de conditionnement a des dimensions importantes (L = 10 m, l = 3 m, h = 7 m) et nécessite une grande puissance électrique installée (environ

285 kVA).

La cadence de travail annoncée étant de 25 poches/heure et la capacité de traitement de 12 000 m³ par mois, il est nécessaire d'avoir des quantités importantes de produit à traiter.

Outre les problèmes techniques à résoudre, ce type de conditionnement entraînerait une modification profonde des habitudes commerciales en raison de l'impossibilité d'échantillonner les poches,

II - MANUTENTION

Les vis d'Archimède sont fréquemment utilisées, mais lorsque le cacao est sec, les fèves sont très fragiles et l'on enregistre alors un pourcentage élevé de brisures. En manutention horizontale, les bandes constituent un excellent moyen de transport. En manutention verticale, lorsque la hauteur d'élévation est faible, il est également possible d'utiliser des bandes. Elles sont cependant très encombrantes et on préfère alors les élévateurs à godets. Il est conseillé d'utiliser des godets en matière plastique ou en caoutchouc, de

travailler à vitesse lente (1,20 m/s), alimentés sur le brin montant. Les élévateurs auront des poulies du type «cage d'écureuil»et une tête équipée d'une bande en caoutchouc ou en mousse plastique de façon à amortir la chute des fèves après la jetée.

III - ENNEMIS DES STOCKS

1. Insectes déprédateurs

Ce sont principalement les insectes, et notamment *Ephestia cautella* et *Ephestia elutella*, appelés communément «mites du cacao» qui peuvent provoquer des dégâts considérables. Les œufs pondus sur les fèves ou sur les sacs, donnent des chenilles qui se nourrissent des fèves brisées et qui déprécient le cacao par leurs excréments et les toiles dont elles recouvrent la marchandise. Les chenilles se chrysalident sur les sacs de préférence au niveau des coutures. Le cycle de développement de ces insectes est de 2 à 6 mois et peut se satisfaire de faibles humidités relative de l'air.

[Fig. 307: Pyrale du cacao. \(Doc. DEGESCH.\)](#)

2. Autres insectes

Araecerus fasciculatus ou «bruche des grains de café» sur cacao mal séché ou réhumidifié.

Lasioderma serricorne: «lasioderme du tabac» cause également des dégâts sur le cacao par les larves.

IV - MOYENS DE LUTTE

La technique souvent utilisée pour lutter contre les insectes consiste à fumiger les lots au bromure de méthyle, soit par fumigation sous bâche, soit en chambre de fumigation (cf. Chapitre VII).

Le bromure de méthyle doit être utilisé avec beaucoup d'attention (dose 15 g/m³ pour 24 h), car le cacao contient beaucoup de matières grasses. L'utilisation de phosphine (PH₃), plus simple, est également possible. Les locaux doivent être traités avec des insecticides rémanents.

Les «mites du cacao» étant des insectes volants, on peut être amené à prévoir un traitement d'atmosphère au Dichlorvos (7,5 g M.A. pour 100 m³) insecticide à action de choc, par pulvérisation thermique (Swin Fog) par exemple, en fin de journée, avant fermeture du magasin.

Fiche N° 7 - Café

[A - Généralités](#)

[B - Conservation](#)

[C - Séchage](#)

[D -Stockage](#)

A - Généralités

I - Le café est une plante stimulante de la famille des Rubiacées. Les deux principales espèces cultivées sont: *Coffea arabica* et *Coffea canéphora* (dont la variété Robusta est la plus répandue). L'Arabusta (obtenu en Côte-d'Ivoire)

est un hybride des deux espèces.

II - LE FRUIT DU CAFÉIER, rouge à maturité, est communément appelée «cerise».

[Fig. 308: Coupe longitudinale d'une cerise de café.](#)

La cerise est constituée d'un exocarpe (peau), d'un mésocarpe (pulpe), et de deux graines protégées chacune par un endocarpe scléreux (parche) et une fine membrane (pellicule). La densité apparente en vrac des cerises fraîches est de 650 kg/m³.

III - TRAITEMENT DU CAFÉ

Le traitement consiste à extraire les graines en éliminant les enveloppes (exocarpe, pulpe, parche et pellicule). On distingue deux grandes voies de préparation:

1. La voie sèche qui est la plus simple et la plus utilisée sur Robusta (et

Arabica au Brésil) consiste à faire sécher directement les cerises au soleil. On obtient alors du café en coques.

2. La voie humide, généralement utilisée sur Arabica, fournit un café de meilleure qualité organoleptique et comprend:

- Le dépulpage: qui permet l'élimination par frottement de l'exocarpe et d'une partie du mucilage. On obtient le café parche humide «mucilagineux».**
- La démucilagination, appelée aussi fermentation par analogie avec le cacao, permet la dégradation du mucilage par hydrolyse.**
- Le lavage, qui élimine les traces de mucilage.**
- Le séchage, qui permet d'obtenir le café parche sec.**

La voie humide nécessite beaucoup d'eau (environ 10 m³/t).

Ensuite les cafés «voie sèche» (café coque) et «voie humide» (café parche)

subissent les opérations de conditionnement suivantes:

- Décorticage ou déparchage-polissage (qui donne le café vert marchand), puis triage et calibrage (classement granulométrique, densimétrique, et éventuellement colorimétrique).

En moyenne, 1 tonne de cerises fraîches donne 400 à 450 kg de cerises sèches et 200 kg de café marchand.

IV - COMPOSITION CHIMIQUE DU GRAIN VERT

La composition varie selon l'espèce considérée et, au sein d'une même espèce, les variations sont parfois importantes. Les chiffres suivants sont des résultats moyens relevés dans la littérature.

Hydrates de carbone 60,0%

Sucres réducteurs 1,0%

Sucrose 7,0%

Pectines 2,0%

Amidon	10,0%
Pentosanes	5,0%
Hemicelluloses	15,0%
Holocelluloses	18,0%
Lignine	2,0%
Matières grasses	13,0-15,0 % Arabica 10,0-13,0 % Robusta
Protéines	13,0%
Cendres (Oxydes)	4,0%
Acides non volatils	8,0%
Acides chlorogéniques	7,0%
Acides oxalique	0,2%
Acide malique	0,3%
Acide citrique	0,3%
Acide tartrique	0,4%
Trigonelline	1,0 % Arabica

Caféine

2,0 % Robusta

B - Conservation

Le café est généralement cultivé dans des zones dont les caractéristiques climatiques (humidité-température) sont défavorables à la conservation.

Les conditions peuvent être différentes selon que le café est stocké en coque, en parche ou en vert. La coque et la parche assurent généralement une protection mécanique efficace du grain contre les insectes et une barrière au transfert de l'eau, en raison de l'espace vide entre ces parois et le grain.

Pour le café vert (marchand) il est conseillé de descendre jusqu'à 11 % de teneur en eau pour assurer une bonne conservation, surtout dans les zones côtières. A ce niveau les moisissures et les enzymes ont une activité fortement réduite.

Pour les cafés enveloppés de leur coque ou parche, on peut être moins draconien et s'arrêter à 12-13 %. Même s'il y a remontée ultérieure, la

prolifération des moisissures sera beaucoup moins rapide que si le grain avait été conservé directement à cette valeur.

Les moisissures banales se développent surtout au-delà de 70 % H.R. avec en particulier *A. niger*, *A. ochraceus*, *Rhizopus sp.* Levures et bactéries pourront aussi se multiplier, mais pour des Humidités Relatives supérieures à 85 %.

Dans l'entomofaune déprédatrice des stocks, on notera *Araecerus fasciculatus*, *Lasioderma serricornis*, *Tribolium castaneum*, *Carpophilus dimidiatus* et *Haemophloeus sp.* Le plus dangereux est de loin *Araecerus fasciculatus* et l'Arabica est nettement plus sensible aux piqûres de cet insecte que le Robusta.

Lorsque la teneur en eau augmente en cours de stockage, une réaction chimique, dont le processus est encore mai connu, peut entraîner la décoloration de la graine: c'est le phénomène du blanchiment.

La reprise d'eau par le grain entraîne un gonflement notable de celui-ci et il est important d'en tenir compte, car il peut provoquer la rupture des

coutures de sacs et mettre en danger les ouvrages lorsque le stockage est réalisé en silo.

[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](#)

C - Séchage

I - COURBE D'ÉQUILIBRE AIR-CAFÉ

[Fig. 309: Courbe d'équilibre air-café \(robusta vert\).](#)

II - MÉTHODES DE SÉCHAGE

1. Séchage naturel

Le séchage naturel au soleil est le plus répandu. Les cerises (voie sèche) sont disposées en couches minces (5 cm à 8 cm) sur des claies ou des aires cimentées et sont brassées plusieurs fois par jour. La charge moyenne est de 20 à 25 kg/m².

La durée de séchage varie entre 2 à 3 semaines selon les conditions climatiques. Les cerises sont sèches lorsqu'en les secouant, on entend remuer les graines à l'intérieur.

Préparés par voie humide, les cafés en parches sont séchés sur claies surélevées par rapport au niveau du sol ou sur aires en ciment durant 8-10 jours (charge: 15 à 20 kg/m²).

Pour les cafés en parche, le séchage solaire permet d'obtenir une qualité supérieure à celle du séchage artificiel, surtout lorsque les claies sont utilisées.

Fig. 310: Séchoir «Autobus» à café. (D'après P. HUBERT.)

Le café séché en cerises ne donne généralement pas un produit de bonne qualité, car les levures, moisissures et bactéries, peuvent proliférer durant la phase humide (eau solvante) et communiquer des goûts désagréables.

L'investissement est peu élevé, mais le séchage naturel exige une main-d'œuvre abondante, car le produit doit être constamment remué.

Les séchoirs utilisés sont identiques à ceux employés pour le cacao: claies (cf. Fig. 90), aires bétonnées, séchoir ITIPAT (Fig. 77), séchoir autobus (Fig. 310).

2. Séchage artificiel

Pratiquement jamais utilisé sur les cerises, sauf parfois en fin de séchage, le séchage artificiel est plutôt réservé au café parche humide et au café vert.

Une grande prudence doit être observée durant la première phase du séchage pour éviter la détérioration organoleptique du café, et il est même

recommandé de sécher le café au soleil durant 2 ou 3 jours avant d'employer un séchoir artificiel. Une température maximum du produit de 60° C ne devra pas être dépassée, car la détérioration des qualités organoleptiques se manifeste rapidement au-delà de cette valeur.

Les séchoirs utilisés sont les mêmes que pour le cacao, séchoir non mécanique du type SAMOA, mais les fuites de fumées peuvent gravement compromettre la qualité du café. Les plus utilisés sont les séchoirs mécaniques de type touraille et surtout rotatifs (GUARDIOLA, OKRASSA) (cf. Fig. 306). Cependant la tendance actuelle, notamment sur café vert, est d'utiliser des séchoirs verticaux à grains.

III - DOSEURS D'HUMIDITÉ (Cf. Chapitre VI)

La mesure de référence reste l'étuve: étuve lente à 130° C en 6 h et 4 h. On peut cependant utiliser l'étuve rapide (graines coupées en 2 ou en 4, température de l'étuve 170° C).

Les appareils mesurant la résistivité électrique ou la conductivité électrique

des grains fonctionnent bien sur café.

Humidimètres : étuve lente,

étuve rapide CHOPIN,

Dickey John (TRIPETTE & RENAUD),

Supermatic (Foss ELECTRIC),

Multigrain (TRIPETTE & RENAUD),

Kappa,

...

D -Stockage

Le café peut être stocké sous différentes formes:

café parche à 12 % d'humidité (PS vrac 430 kg/m³),

café coque à 13 % d'humidité (PS vrac 440 kg/m³),

café vert (marchand) à 11 % (PS vrac 750 kg/m³).

L'angle du talus naturel en grains (café parche) est de 30°.

I - TYPES DE STOCKAGE

1. Stockage en sacs

a) Magasins traditionnels

C'est le type de stockage le plus utilisé. Le café marchand est conditionné en sacs de 60 kg. Le volume spécifique apparent est de l'ordre de: 1,4 m³/t à 1,6 m³/t.

Les magasins classiques conviennent au stockage du café en sacs, mais il est cependant conseillé d'assurer un isolement thermique de la toiture pour éviter des variations de température trop importantes. Les piles de sacs ne seront pas mises en contact direct avec les parois ou le sol mais disposées sur caillebotis et espacées d'au moins 30 cm des murs. Un soin particulier sera apporté à l'entretien des magasins afin d'éliminer poussières, débris de grains... Les murs seront traités contre ces insectes.

Remarque: Dans la mesure du possible, éviter la présence d'un séchoir à l'intérieur même du magasin de stockage sans évacuation extérieure de la vapeur d'eau.

b) Conservation en atmosphère contrôlée

Un moyen de stockage simple à petite échelle en magasin amélioré a été mis au point avec succès en 1972 par la station de l'I.R.C.C. d'Ilaka-Est (Madagascar) pour le café, dans une zone côtière où l'humidité relative est en permanence très élevée (Fig. 311).

Il consiste à utiliser le toit du magasin comme collecteur de chaleur solaire et à ventiler le magasin avec l'air aspiré au travers du collecteur, Le collecteur lui-même est constitué de tôles ondulées peintes en noir et doublées au-dessous par des panneaux de fibres délimitant un espace de 6 cm entre les deux parois.

Les caractéristiques principales sont les suivantes:

- **surface collectrice nécessaire: 2 m² de toiture par tonne de café stocké;**
- **puissance de ventilation: 81 m³/h par tonne de café stocké avec un taux de renouvellement de 26 fois le volume du local par heure.**

La ventilation n'intervient que lorsque le réchauffement de l'air est suffisant pour abaisser l'humidité du café stocké (équilibre air-café).

L'expérience du magasin prototype a porté sur 5 tonnes de café tout-venant usiné par voie humide et conditionné en sacs de 60 kg. L'humidité au sein du stock n'a pas dépassé 12 % pendant les 5 mois d'essai donc dans de bonnes conditions de conservation.

A partir de ce modèle, l'étude d'un collecteur amélioré a été entreprise en vue de la réalisation d'un projet de stockage industriel portant sur 300 tonnes. Le collecteur serait à double canal, le second canal étant fermé par une tôle transparente placée au-dessus de la tôle noire précédemment décrite et l'air étant aspiré dans les deux canaux en parallèle. Ce

fonctionnement en double flux permet pratiquement de doubler la récupération de calories (325 calories/m² au lieu de 165).

Le projet comporte 2 locaux de stockage de 125 tonnes disposés de chaque côté d'un compartiment-séchage de 50 tonnes, pour lequel on utilise un collecteur amélioré de 600 m².

La ventilation est assurée par deux ventilateurs de 10 500 m³/h chacun pour les locaux de stockage et par un troisième de 12 500 m³/h pour le compartiment de séchage.

L'ensemble est commandé automatiquement par des humidistats, réglés autour de l'humidité relative de 69 % (correspondant à l'humidité d'équilibre du café de 12 %).

[Fig. 311: Croquis du magasin à atmosphère contrôlé. \(D'après IRCC, avril/juin 1972.\)](#)

2. Stockage en vrac

Le stockage du café en vrac peut être réalisé en silo en prenant quelques précautions, surtout pour le café vert. Il est nécessaire de pratiquer un reséchage systématique et une stabilisation thermique avant la mise en silo. L'épuration est indispensable, car il s'agit d'un produit très poussiéreux..

Le silo hermétique constitue la méthode de conservation la plus efficace, à condition que la marchandise soit parfaitement conditionnée.

La ventilation n'est pas à envisager, surtout dans les zones portuaires trop humides. Il est capital d'éliminer l'effet de paroi en calorifugeant les tôles, afin d'éviter les condensations et les courants de convection qui prennent naissance dans la masse.

Des essais de conservation en silos butyl grillagés ont conduit à des échecs du fait de ces transferts d'humidité dans la masse: café surséché au bas des cellules et nettement réhumidifié au sommet.

Les silos métalliques soudés permettent d'assurer une herméticité plus grande et d'introduire des gaz inertes en cas de conservation compromise,

l'absence d'oxygène paralyse en effet l'évolution des insectes et de la microflore aérobie.

Les silos en béton peuvent être aussi utilisés avec l'avantage qu'il n'est pas nécessaire d'isoler thermiquement les parois.

II - MANUTENTION

De nombreux types de manutentions peuvent être utilisés pour le café, moins fragile que le cacao, mais habituellement on emploie les bandes transporteuses, les élévateurs à godets, les vis hélicoïdales.

Il faut noter que les cerises, souvent imprégnées de latérite, sont abrasives et usent rapidement les vis et les élévateurs à godets.

Le transport pneumatique est possible sur café coque et parche. En manutention pneumatique de parche humide la vitesse optimale de l'air est de 11 m/s (vitesse café: 2,7 m/s). Sur grain sec, ce transport est à déconseiller car le taux de brisures peut augmenter rapidement.

Lors de la construction de grands silos, des précautions sont à prendre surtout avec les Robusta, plus cassants que les Arabica pour éviter la formation de brisures toboggans, ralentisseurs de chute en zig-zag, colonnes etc.

III - ENNEMIS DES STOCKS: DÉPRÉDATEURS

Le principal ennemi des stocks est une bruche *Araecerus fasciculatus* (Fig. 312) qui attaque préférentiellement l'Arabica, très sensible aux attaques à 80 % H.R. et 25° C à partir du 3^e mois de stockage alors que Robusta reste pratiquement indemne pendant 9 mois.

IV - MOYEN DE LUTTE: DÉSINSECTISATION

Il faut insister sur l'intérêt des mesures prophylactiques: désinsectisation des locaux, grains sains et secs, élimination des grains brisés.

[Fig. 312: Bruche des grains de café. \(Doc. DEGESCH.\)](#)

En fumigation, le bromure de méthyle et le phosphore d'hydrogène peuvent être utilisés.

V - UTILISATION DES SOUS-PRODUITS DE TRAITEMENT DU CAFÉ

Au cours du traitement des quantités très importantes de sousproduits sont générées.

traitement	voie humide café parche (sec)	parche 15%
		coques 50%
	voie sèche café coque	café vert 85%
		café vert 50%

Les coques de café constituent un combustible bon marché qui peut être utilisé au niveau d'un générateur d'air chaud (brûleur à coques ou foyers). Le PCI des coques est de 3 700 à 3 900 mth/kg et la densité apparente de 425 kg/m³ (Cemagref). Ces sous-produits peuvent être utilisés également pour le séchage du cacao dont les zones de production sont voisines de celles du

café.

Fiche N° 8 - Tubercules

[Pomme de terre](#)

[Ignose](#)

Les tubercules constituent la base de l'alimentation dans de nombreuses régions tropicales. Contrairement aux grains qualifiés de «produits secs», les tubercules sont des produits frais à forte humidité et sont, avec les fruits et les légumes, classés en: «denrées périssables». Les principaux tubercules cultivés sont: le manioc, la pomme de terre, l'igname, la patate douce, le taro, etc. Nous présentons succinctement la conservation de la pomme de terre (souvent cultivée dans les zones d'altitude plus fraîches) et de l'igname en invitant le lecteur à consulter les ouvrages spécialisés pour plus de détails.

Pomme de terre

A - GÉNÉRALITÉS

Originaire d'Amérique, le tubercule de pomme de terre est anatomiquement une tige dont les tissus sont gorgés de réserves glucidiques.

[Fig. 313: Coupe d'un tubercule de pomme de terre. \(D'après P. HUBERT.\)](#)

La pomme de terre est essentiellement constituée d'eau et de glucides (amidon et sucre).

Composition moyenne:

- Eau : 78 %
- Matières sèche : 22 % dont
 - glucides : 19,0 %
 - protides : 1,9 %
 - lipides : 0,1 %
 - minéraux : 1,0 %

La respiration consomme les réserves glucidiques du tubercule (perte de

matière sèche) et produit du gaz carbonique (CO₂), de l'eau et de la chaleur en quantité variable suivant la température.

DÉGAGEMENT DE CO₂ ET DE CHALEUR EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE (d'après BURTON)

Température	1° C	5° C	10° C	15° C	20° C	25° C
Production de CO ₂ en g/t/24 h	192	80	100	113	192	264
Production de chaleur en mth/t/24 h	480	200	250	282	480	660

1. 2,5 mth dégagée par gramme de CO₂ produit.

La respiration est minimale à 5° C, cependant les basses températures (< 10° C) favorisent la production de sucres réducteurs (jusqu'à 10 % de la matière sèche) dans le tubercule, ce qui lui donne un goût douceâtre souvent peu apprécié des consommateurs.

En dessous de 2° C il y a formation de cristaux de glace et noircissement.

Le dégagement de chaleur, minimal à 5° C est aussi fonction de l'état du tubercule.

Pomme de terre mûre à 5° C	: 200 mth/t/24 h
germée	: 600 mth/t/24 h
après arrachage	: 1 000 mth/t/24 h
en pourrissement	: 1 200 mth/t/24 h
immature	: 1 400 mth/t/24 h

La transpiration, surtout intense après la récolte, se caractérise par une perte en eau dont l'importance est fonction:

- de la différence de tension de vapeur entre le tubercule et l'air ambiant,**
- de l'état du tubercule (les blessures favorisent la perte en eau),**

- de la maturité du tubercule (plus perméable si immature).

Pendant le premier mois de conservation, les tubercules peuvent perdre 1 % à 4 % de leur poids. Ensuite la perte de poids mensuelle est inférieure à 1 %.

A 10 % de perte en eau les pommes de terre deviennent ridées et sont difficilement commercialisables.

Toute lésion de l'épiderme va favoriser la transpiration (perte en eau) et l'attaque des micro-organismes (pourriture).

Ces altérations proviennent de blessures à la récolte ou au cours des manutentions et de chocs (à basse température, les tubercules y sont très sensibles).

«Curing»

Avant tout stockage il est nécessaire de cicatrifier les blessures. Cette opération appelée «curing» permet la formation d'un nouvel épiderme et

une subérisation au niveau des blessures. Elle peut être réalisée en 7 à 15 jours avec des températures de 15° C à 20° C et une humidité relative de l'air de 85 % à 90 %.

B - CONSERVATION DE LA POMME DE TERRE

L'aptitude à la conservation est très liée aux conditions de culture. La durée de conservation est fonction de la dormance. Après la récolte, la pomme de terre entre dans une phase de repos végétatif durant laquelle elle ne peut pas germer. Cette dormance, dont la durée diffère selon les variétés, permet la conservation des tubercules. Sa levée est marquée par le début de la germination. C'est en empêchant la levée de la dormance soit par le froid soit par l'emploi d'inhibiteurs de germination que l'on allonge la durée de conservation.

En général, les conditions recommandées sont les suivantes:

- Pomme de terre de consommation $5^{\circ} \text{ C} < \theta < 10^{\circ} \text{ C}$**
- Pomme de terre de semence $2^{\circ} \text{ C} < \theta < 4^{\circ} \text{ C}$**

à une humidité proche de 90 %.

La ventilation va permettre de refroidir le produit et d'éliminer le gaz carbonique et la vapeur d'eau formés.

L'emploi d'inhibiteurs de germination va empêcher la reprise de végétation. Les principes actifs sont les suivants:

- l'éther méthylique de l'acide naphtylacétique,**
- l'IPC (prophame): Isopropyl-N-phénylcarbamate,**
- le CIPC (chlorprophame): chloro-isopropyl-N-phénylcarbamate.**

Ces produits sont appliqués sous forme de poudre (1 % matière active) au cours de la manutention (bande transporteuse) ou sous forme de brouillard (pulvérisation thermique) pour le mélange IPC + CIPC, ou par mélange à l'air de ventilation. Les doses généralement appliquées sont de 10 à 20 g M.A./tonne.

Ces produits, qui agissent par leurs vapeurs, empêchent la germination en

bloquant les multiplications cellulaires. Compte tenu de ce mode d'action il est évident que leur application doit être postérieure au «curing» donc sur des tubercules correctement cicatrisés. Enfin leur efficacité est également liée à la propreté du tubercule.

La conservation des tubercules destinés à la consommation doit s'effectuer à l'obscurité, car la lumière entraîne le verdissement des pommes de terre.

Les principales attaques en cours de stockage sont le fait de bactéries et champignons qui sont à l'origine de la pourriture des tubercules, cause essentielle des pertes. Les blessures favorisent ces attaques. Les pommes de terre peuvent être, dès le champ, l'objet d'attaques par les bactéries (*Pseudomonas solanaccarum*) et pourront, une fois récoltées, constituer des foyers d'infestation pour les lots stockés. Il est donc essentiel, avant tout stockage, d'effectuer un tri qui permet l'élimination des tubercules atteints. A cette occasion, on pourra également éliminer les tubercules blessés.

D'autres déprédations peuvent être provoquées par les insectes (notamment *Phthorimaea operculella* dont les larves creusent des galeries dans les

tubercules) et par les rongeurs.

C - STOCKAGE DES POMMES DE TERRE

I - TYPES De STOCKAGE

1. Stockage au champ

La méthode consistant à laisser les tubercules en terre (en sol léger) est parfois utilisée pour des pommes de terre ayant une dormance importante (supérieure à 3 mois) et dans des zones disposant de températures froides au moment de la maturité. Ce type de stockage, difficilement contrôlable, comporte de nombreux risques:

- pourrissement notamment en cas de réhumidification du sol (pluies),**
- attaques de déprédateurs,**
- gelée si $\theta < 2^{\circ} \text{C}$,**
- échauffement: un adoucissement du temps conduisant à un**

échauffement du sol jusqu'à 20° C - 25° C entraînera la mort des tubercules, etc.

2. Stockage en puits (cf. Fig. 314)

Les pommes de terre sont stockées dans un puits creusé dans le sol. Des expériences faites en Afghanistan ont conduit à retenir les dimensions suivantes: puits de 1 m de profondeur, couche de pommes de terre de 60 cm recouverte d'une couche de terre de 40 cm, elle-même surmontée d'un talus de terre compactée. Cette technique est utilisée pendant la saison froide et semble donner de bons résultats à condition que les tubercules soient retirés avant le radoucissement des températures.

[Fig. 314: Schéma du stockage des pommes de terre en puits en Afghanistan. \(D'après R. S. NARANG.\)](#)

3. Stockage en butte: CLAMP (silo à pommes de terre)

Du fait de leur faible coût, ces silos constituent une technique de stockage

intéressante au niveau villageois. Ils consistent à stocker les tubercules en tas sur un lit de paille, et à recouvrir le tas d'une couche de paille de 15 cm à 20 cm additionnée de tiges de maïs. Souvent, la couche de paille est elle-même recouverte d'une couche de terre non tassée. Enfin une gaine traversant le tas en permettra la ventilation (cf. Fig. 315).

[Fig. 315: Schéma d'un silo à pommes de terre «Clamp». \(D'après International Potato Centre, Lima, Pérou.\)](#)

Capacité en fonction de la largeur:

- largeur (m)	1	1,5	2	3
- capacité en tonne par mètre linéaire	0,14	0,31	0,56	1,26

En climat chaud on limitera la largeur à 1,5 m.

Si la durée de stockage doit dépasser la dormance biologique, il sera nécessaire d'utiliser des inhibiteurs de germination.

4. Stockage en magasins

Le poids spécifique du produit est de 630 à 670 kg/m³. L'angle du talus naturel est de 35°.

Pour de petites quantités (quelques tonnes) le stockage peut s'effectuer dans des petits magasins de quelques mètres cubes construits en matériaux peu coûteux (bois, briques en matériaux traditionnels...). Ces magasins sont conçus pour favoriser une ventilation naturelle et empêcher l'entrée de la lumière. En ventilation par convection naturelle les hauteurs de stockage devraient être limitées à 2 m pour les zones tempérées et 1 m à 1,3 m pour les zones chaudes.

Pour des quantités plus importantes, le stockage s'effectue en magasin équipé d'une ventilation forcée ou en chambres froides.

Le produit peut être stocké en vrac (la hauteur de stockage peut atteindre 3,5 à 4 m) ou dans des conteneurs du type caisse à clairevoies de 500 kg à 1 t. Il faut prévoir un espace de 1 m à 1,50 m audessus des tas afin de permettre

une régulation thermique (Fig. 317).

Les débits de ventilation appliqués sont de 50 à 100 m³/h/m³ de produit pour le refroidissement; débit pouvant être divisé par 2 en ventilation de maintien. Pour homogénéiser la température des lots il est recommandé de ventiler en circuit fermé.

La manutention des tubercules de pommes de terre s'effectue généralement par bande transporteuse. Les tubercules froids étant très sensibles aux chocs, il est nécessaire, en fin de stockage, de les réchauffer progressivement avant de les manipuler.

Remarque:

Pour éviter la germination des tubercules, une technique récente consiste à les irradier par des rayons gamma. Les tubercules contenus en caisses ou en sacs passent devant une source émettrice et doivent être exposés de façon à recevoir une irradiation de 7 500 à 15 000 rads. Les radiations bloquent de façon irréversible les divisions cellulaires et empêchent donc la germination.

Ce type de traitement qui peut permettre des conservations de longue durée est cependant peu utilisé car relativement sophistiqué et coûteux. Il est d'autre part difficile de s'assurer que chaque tubercule a été correctement irradié. Les tubercules irradiés doivent également être conservés à 8°C - 10° C et à 90 % d'humidité relative de l'air.

[Fig. 316: Pertes de charge dans des lots de pommes de terre.](#)

[Fig. 317: Cellule ventilée. \(D'après C.I.P., Lima, Pérou.\)](#)

[Fig. 318: Clayette de prégermination. \(D'après P. HUBERT.\)](#)

II - CONSERVATION DES PLANTS DE POMMES DE TERRE

Les plants de pommes de terre pourront être conservés à des températures de 2° C à 4° C car le problème des «sucres libres» n'a, ici, pas d'importance (si on veut réorienter les plants vers la consommation, il suffit de les conserver pendant 2 à 3 semaines à 15°-20° C; les sucres libres seront consommés par la respiration).

Les plants sont conservés en magasins ventilés, en chambre froide et en germoirs. Les germoirs sont des bâtiments qui doivent être correctement éclairés pour permettre la formation de germes courts et solides. L'éclairage peut être naturel ou artificiel. Les plants sont placés sur des claies disposées de façon à recevoir correctement la lumière. Pour un éclairage naturel les bâtiments doivent être pourvus de nombreuses fenêtres créant des couloirs de lumière. Les claies seront disposées parallèlement à ces couloirs.

Il faut absolument éviter de conserver les plants à proximité immédiate des pommes de terre de consommation, car les inhibiteurs chimiques appliqués sur ces dernières risqueraient, par leurs vapeurs, d'atteindre les plants.

[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

Igname

A - GÉNÉRALITÉS

L'igname est une plante amyliacée qui constitue un aliment de base pour environ 15 % de la population des régions tropicales. Le genre *Dioscorea* comporte de nombreuses espèces:

D. rotundata, *D. alata*, *D. dumétorum*, *D. cayenensis*... en Afrique et *D. trifida*,... surtout en Amérique Toutes ces espèces se distinguent par la forme de leurs tubercules (et de leurs parties aériennes).

Un tubercule pèse généralement 3 à 5 kg, mais certains peuvent atteindre 15 kg.

La partie comestible représente 85 % du tubercule dont la composition est la suivante: eau 75 %, glucides 23 %, protides 2 %, lipides 0,1 %.

B - CONSERVATION

1. Les types tardifs se conservent en général mieux que les types précoces. Comme la pomme de terre, le tubercule respire et transpire. Les pertes en eau peuvent être très importantes, notamment en conservation aérienne: de 25 à 50 % en 6 mois, par contre dans le sol, les pertes en matière sèche sont plus importantes que dans l'air, car le tubercule respire plus.

2. La durée de conservation est fonction de la dormance dont la durée varie suivant les espèces; ainsi *Dioscorea alata* peut se conserver à l'air pendant 7 à 10 mois et *Dioscorea trifida* 1 mois seulement.

3. Comme pour les pommes de terre, les blessures vont favoriser la transpiration et la perte en eau. Ces blessures, coupures, occasionnées par la récolte, le transport et la manutention pourront être cicatrisées par «curing».

Cette opération consistera à soumettre les tubercules pendant 2 à 7 jours à des températures élevées de 30° C à 40° C avec une humidité relative de l'air de 85 à 90 %.

On ne doit stocker que des tubercules sains, propres et bien cicatrisés. Le stockage sera donc précédé du tri qui permettra d'éliminer les tubercules pourris ou trop fortement blessés. Les contusions occasionnées par les chocs (chute des tubercules) ne se guérissent pas et constituent une zone privilégiée d'attaque pour les micro-organismes. Les tubercules ainsi blessés doivent être éliminés des lots au moment du tri.

4. Problèmes de conservation

a) *Germination*

Pour prolonger la durée de conservation on cherche à éviter la levée de la dormance. Il semble que les agents chimiques «antigermination» efficaces sur les pommes de terre n'aient que peu d'effet sur l'igname. L'utilisation de rayons gamma a été testée en Côte-d'Ivoire pour un stockage de longue durée (6 à 8 mois) de *Dioscorea cayenensis*. Le traitement a été effectué par lots de 20 à 30 kg traités par un irradiateur au Cesium. A partir d'une dose de 8 000 rads on a observé un arrêt total de la germination et une bonne conservation (10 % de pertes en poids après 5 mois avec conservation à température

ambiante).

Cette technique est cependant encore peu développée et difficilement applicable compte tenu des équipements nécessaires.

L'utilisation du froid est également envisagée pour prolonger la dormance. Sur l'igname, la température minimale serait de 15° C (en dessous de 12°C - 13°C des altérations apparaissent) et l'humidité relative de 85 % à 90 %. Cependant, à ce niveau de température, on favorise l'attaque des tubercules par les moisissures (*Penicillium oxalicum* à un développement optimal à 18° C).

b) *Moisissures*

Pour un stockage à l'air ambiant comme en chambre froide, le problème essentiel est celui du pourrissement des tubercules dû à l'attaque des micro-organismes. Il faut employer un fongicide (le plus couramment utilisé est le Thiabendazole [T.B.Z]). Le traitement est effectué par trempage des tubercules sains et propres dans une solution contenant 2 500 à 3 000 ppm

de T.B.Z. pendant 10 à 15 mn. Ce produit peut également être utilisé sous forme de «bougies» fumigènes pour le traitement des locaux. Dans des essais faits en Côte d'Ivoire à Bouna, après 6 mois de stockage, la perte en poids due à *Penicillium oxalicum* a été de 5 % sur les tubercules traités alors qu'elle a atteint 60 % sur les témoins.

Pour éviter le développement des moisissures, il est important de contrôler périodiquement les stocks et d'éliminer à chaque passage les tubercules en voie de pourrissement.

c) Déprédateurs

Les insectes, les rongeurs, les oiseaux, peuvent s'attaquer aux stocks d'ignames. Cependant, une étude faite en Côte-d'Ivoire (ENSA Abidjan) montre que les attaques des ignames sont essentiellement le fait des cochenilles qui détruisent les stocks mais également les tubercules en culture. Pour lutter contre cet insecte, les recherches actuelles en Côte-d'Ivoire s'orientent vers l'utilisation de Parathion éthyl en pulvérisation.

C - STOCKAGE DES IGNAMEES

1. Conservation dans le sol

a) Les tubercules sont laissés en terre après la maturité. Cette technique comporte des risques importants:

- attaques des déprédateurs: insectes, rongeurs....**
- pourriture des tubercules en cas de pluies abondantes,**
- le sol peut durcir et rendre la récolte difficile.**

b) Les tubercules sont récoltés et stockés dans des «puits» creusés dans le sol et recouverts de terre.

[Fig. 319: Schéma du stockage souterrain de l'igname.](#)

Un stockage souterrain tend à accroître la respiration des tubercules, ce qui conduit à une augmentation des pertes de matières sèches. On lui préfère souvent un stockage à l'air libre.

2. Conservation à l'air libre

a) Les tubercules sont réunis en petits tas bien aérés recouverts de paille pour les protéger du rayonnement solaire direct. La conservation en Silo CLAMPS du type de ceux utilisés pour la pomme de terre peut aussi être envisagée.

b) Ils peuvent également être conservés en greniers aérés, construits en matériaux locaux (palmes tressées...), dont la base est surélevée par rapport au sol.

c) Cependant, en Afrique de l'Ouest, le type de stockage le plus fréquent consiste à conserver les ignames sur des claies verticales, c'est la «grange à ignames». Elle est constituée de pieux (rondins de bois) verticaux auxquels les tubercules sont attachés par unité (Fig. 321)

hauteur moyenne: 1 à 2 m (parfois plus),

longueur: en fonction de la quantité d'ignames à stocker,

en pratique les rondins principaux de 5 à 10 cm de diamètre sont

plantés tous les mètres.

Il est recommandé d'ombrager les stocks d'ignames pour éviter que le produit n'atteigne des températures trop élevées (> 37° C) occasionnant d'importantes pertes en poids et rendant parfois les tubercules inutilisables.

Dans certains cas le bâti de la grange à igname est en «bois vivant», la charpente est alors solide, résistante aux termites et produit un ombrage naturel.

[Fig. 320: Taux d'évolution de l'infestation par cochenilles des tubercules de *D. alata* selon le mode de conservation. \(D'après FOUA-BI, BARACAUH et DEMEAUX.\)](#)

La conservation en claies verticales est celle qui paraît donner les Meilleurs résultats. Elle semble préférable à la conservation en vrac car elle limite la propagation des attaques de moisissures ou d'insectes en individualisant bien chaque tubercule.

3. Stockage en chambres froides

Comme nous l'avons vu, l'utilisation du froid peut être envisagée. Les conditions de conservation sont les suivantes: température 15° C -humidité relative de l'air: 85 % - 90 %. Ces conditions étant favorables au développement des moisissures, on devra parallèlement utiliser un fongicide (T.B.Z.).

Des essais conduits en Côte-d'Ivoire ont donné les résultats suivants (d'après M. OUATTARA SINDOU, Sté P.A.C.).

Après six mois de stockage:

Traitement	% pertes en poids
15° C + Thiabendazole ¹	10%
15° C	20%
Température ambiante	40% à 50%

1. Traitement par trempage.

4. Farine

Dans le cas où les ignames sont fortement blessés à la récolte, et donc difficilement conservables. Ils peuvent être rapidement transformés en farine. Stockée en sacs, cette dernière doit être protégée de l'attaque des insectes et des rongeurs.

Fiche N° 9 - Oignon

[A - Généralités](#)

[B - Considération concernant l'aptitude au stockage](#)

[C - Conservation](#)

[D - Séchage](#)

[E -Stockage](#)

A - Généralités

L'oignon est une espèce présente sous toutes les latitudes du globe.

Il peut être cultivé sous divers climats (aussi bien au Niger qu'en Finlande).

Près de la moitié de la production mondiale se situe en Asie, la part de l'Afrique représentant environ 6

1. Structure de l'oignon

L'oignon est constitué d'une tige très courte, appelée plateau, qui porte des racines et qui donne naissance à des feuilles avec gaine et limbe; les feuilles, emboîtées les unes dans les autres, vont s'épaissir dans leur partie inférieure et former un bulbe; les parties supérieures des gaines restent serrées et forment une fausse tige appelée collet. Du bulbe s'échappent les limbes des feuilles externes, qui forment la partie verte de la plante. Cette formation du bulbe est appelée la tubérisation. Lors de la maturation du bulbe, le collet va se ramollir, les feuilles vertes se coucher sur le sol puis jaunir. Le bulbe entre alors en dormance.

[Fig. 312: Schéma, bulbe d'oignon.](#)

2. Formation du bulbe

La formation du bulbe, ou tubérisation est très étroitement liée à la longueur du jour. C'est un facteur essentiel pour la sélection des variétés. Dans la zone tropicale, les variétés utilisées devront être de «jour court»(10- 12 h), faute de quoi on obtiendra des oignons mal tubérisés à collet large.

[Fig. 323: Schéma d'oignons, mal tubérisé \(1\), bien tubérisé \(2\).](#)

Une fertilisation azotée trop importante peut également être la cause d'une mauvaise tubérisation.

Pour la conservation de l'oignon deux phénomènes importants sont à considérer:

- la dormance que l'on cherche à maintenir. On cherchera également à éviter ou ralentir le bourgeonnement,

- **l'attaque par les champignons qui se fait dès le champ et dont on cherche à éviter la progression.**

B - Considération concernant l'aptitude au stockage

1. Variétés d'oignons

Il existe une corrélation entre une bonne aptitude au stockage et une forte teneur en matière sèche des bulbes.

Les variétés colorées, à forte teneur en matière sèche (12 % - 13 %), se conservent mieux que les variétés à faible teneur (9 % - 10 %).

L'effet de la photo-périodicité est également à rappeler, une tubérisation et une maturation correctes favorisent la conservation. Une mauvaise tubérisation donne des oignons à bulbe mal formé et à collet large plus sensibles aux attaques des champignons.

2. Pratiques culturales

Éviter à partir de la tubérisation un apport d'azote qui risque d'entraîner une mauvaise formation du bulbe.

Éviter également des irrigations tardives qui peuvent favoriser l'attaque des champignons. Les pluies au moment de la récolte pourront, pour la même raison, avoir des conséquences néfastes.

3. La récolte

En conditions sèches, il est conseillé de récolter dès que les «feuilles» tombent et de laisser sécher en andains sur le champ pendant 5 à 10 jours. Après ce séchage naturel et économique, il faut procéder au séchage forcé et au curing.

En conditions humides, on peut récolter avant que les feuilles ne soient totalement vrillées et procéder immédiatement au séchage et au curing.

4. Transport et manutention

Les oignons doivent être manutentionnés avec précaution, en évitant les hauteurs de chutes supérieures à 1 m, ce qui peut être réalisé en prévoyant des ralentisseurs de chute en toile.

Enfin, on a intérêt avant le stockage à éliminer les bulbes blessés et déjà visiblement attaqués.

C - Conservation

1. Conditionnement des oignons

***Effanage*: certains considèrent que l'effanage immédiatement après l'arrachage suivi d'un ressuyage de quelques jours assure une meilleure conservation.**

L'intérêt premier d'une telle méthode est peut être de réduire le foisonnement de la masse d'oignon et les pertes de charges que peuvent créer les queues dans une masse d'oignon à ventiler. Il.-ut cependant être conscient qu'un équeutage suivi d'un mauvais séchage va favoriser l'entrée

des moisissures par le collet, c'est pourquoi on conseille parfois d'éviter cet équeutage.

2. Attaques de champignons

Les principales attaques sur l'oignon sont dues au *Botrytis* et notamment à *Botrytis allii* sur les bulbes. Il attaque la plante dès le champ en pénétrant par les feuilles et en progressant vers le collet, qu'il atteint à la maturation du bulbe. En conservation il va entraîner une pourriture du bulbe.

Là lutte au champ contre ce champignon n'est pas toujours efficace, cependant en France on conseille de traiter un mois à quinze jours avant la récolte avec un des produits suivants: Benomyl, Méthyltiophanate, Carbendazin.

Après la récolte, on lutte contre la progression du champignon par le séchage et le curing.

D - Séchage

1. Séchage et curing

Le séchage a pour effet d'éliminer l'eau en excès dans les tuniques externes et dans le collet de l'oignon et de gêner la progression du Botrytis.

Le curing qui lui succède va donner une belle coloration aux tuniques externes, et va agir sur les oignons partiellement lésés.

Comme les niveaux de température utilisés sont voisins, on combine ces deux opérations en une.

2. Conditions optimales pour le séchage et le curing

a) Température et humidité

La température de séchage doit être supérieure à 21° C mais ne doit jamais dépasser 38° C pour ne pas entraîner de trop importantes pertes en poids. Il semble qu'un optimum soit obtenu en séchant le produit avec un air de 30° C pendant 4 à 10 jours.

L'air de séchage doit, d'autre part, avoir une humidité relative comprise entre 60 % et 70 %. Cette dernière ne devra jamais être supérieure à 75 % afin d'éviter la création d'une ambiance favorable au développement de champignons.

Il faut également éviter les faibles humidités relatives pour ne pas trop dessécher le produit (pertes en poids). Une faible hygrométrie peut cependant être tolérée en début de séchage sur des oignons très humides.

On retiendra les caractéristiques suivantes pour l'air de séchage:

Température de l'air : 30° C

Humidité relative de l'air : 60 % - 70 %

b) Débit spécifique de l'air de séchage

Concernant le débit spécifique de l'air de séchage, les recommandations sont très variables (Hollande: 700 m³/h/t, Canada: 180 m³/h/t). Le plus fréquemment il est conseillé de maintenir un débit d'environ 450 m³/h/t

pendant les 3 à 5 premiers jours de séchage. Ce débit pouvant être abaissé à 200 m³/h/t en fin de séchage et pendant le stockage.

Le séchage peut conduire à une perte en poids d'environ 5 %, perte pouvant atteindre 13 % si les oignons sont au départ très humides ou récoltés verts.

E -Stockage

1. Le stockage des oignons

La durée de conservation des oignons est étroitement liée au phénomène de dormance. Dès sa maturité, le bulbe entre dans une phase de dormance plus ou moins longue selon les variétés, mais également selon les conditions de culture, récolte et conservation.

La levée de la dormance est marquée par la reprise de végétation caractérisée par un gonflement du bulbe (les tuniques externes se fendent) et le bourgeonnement.

Il est possible de combattre la pousse du bourgeon, en pulvérisant, une à trois semaines avant la récolte (c'est-à-dire lorsque 50 % des queues sont tombées mais encore vertes) une solution d'hydrazide malleïque sur les champs. (Toutefois l'emploi de ce produit est interdit dans certains pays dont la France).

[Fig. 324: Effet de la température sur la perte en poids des oignons après 4 mois de stockage. \(D'après KARMARKAR et JOSHI\)](#)

Certains niveaux de température sont favorables à la conservation des oignons en freinant la reprise de végétation: ce sont soit des températures basses (0° C à 5° C) soit des températures de l'ordre de 25° C.

Les températures de 10° C à 15° C sont à éviter car elles vont lever la dormance et favoriser la germination.

N.B.: La température de 10° C semble cependant optimale pour la conservation des bulbes destinés à donner des inflorescences alors que les basses températures (0-5° C) et les hautes températures (25° C) peuvent

gravement compromettre la formation des hampes florales.

L'influence de la température sur la conservation de l'oignon permet de définir deux techniques de stockage:

- **Le «stockage froid» à 0° C - 5° C qui, dans les zones où cela est possible, utilise les faibles températures extérieures, ou qui, dans le cas contraire, nécessite des installations frigorifiques ou chambres froides.**

On considère que l'optimum se situe à:

$$\theta = 0^{\circ} \text{ C}$$

Humidité relative = 64 %.

- **Le «stockage chaud» à environ 25° C - 30° C, qui est beaucoup plus facile à mettre en œuvre en zones intertropicales.**

Dans certaines régions chaudes, comme par exemple Israël, le stockage en magasins réfrigérés est, en effet, délaissé au profit d'un stockage à

température ambiante jugé beaucoup plus économique.

Il semblerait également que cette technique soit préférée à la réfrigération car elle donnerait des produits de meilleure qualité et de meilleur aspect.

Pour éviter une trop forte dessiccation des oignons, il est nécessaire de maintenir l'ambiance à une humidité relative voisine de 70%.

2. Les installations de stockage

a) Au niveau de la ferme

Les tresses d'oignons (bulbes attachés par les feuilles) suspendues sous hangar constituent une technique qui est traditionnellement utilisée lorsque le stockage intéresse des petites quantités de produit. On peut également entreposer les bulbes sur clayettes. Sur chacune d'elle, cependant, l'épaisseur d'oignons ne devrait pas dépasser 2 couches superposées.

L'utilisation du «crib» semble également pouvoir être envisagée, l'épaisseur

de la couche ne devant pas alors dépasser 50 cm.

[Fig. 325: Séchage d'oignons stockés en vrac.](#)

[Fig. 326: Séchage ou ventilation des oignons stockés en misse. \(D'après ADAS., Royaume Uni.\)](#)

Enfin, certains organismes spécialisés conseillent l'utilisation de petites cellules de stockage spécialement aménagées pour permettre le séchage. Elles comprennent:

- un faux fond constitué d'un plancher à claire-voie (caillebotis),
- des parois (ciment, bois...) présentant une bonne étanchéité à l'air; on prévoit une hauteur de stockage en vrac de 2 à 3 mètres,
- un système de ventilation-séchage comprenant:
 - un ventilateur basse pression fournissant un débit spécifique d'environ 450 m³/h/t (soit 225 m³/h/m³) sous

30 à 40 mm CE,

- **un brûleur fonctionnant pendant la période de séchage.**

b) Stockage commercial

Les bulbes sont généralement équeutés et stockés en vrac ou en caissettes. La densité apparente est d'environ 500 kg/m³.

Les installations sont comparables à celles présentées pour le stockage de la pomme de terre. Us figures 325 et 326 montrent différents types d'installations susceptibles de convenir:

- **soit un stockage en vrac en cellule ventilée. La hauteur de stockage ne doit pas excéder 3 m;**
- **soit un stockage en caisses superposées. Le fond des caisses est à claire-voie pour permettre le passage de l'air de séchage et de ventilation au travers des lots.**

[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](#)

Annexes

[Annexe I: Ventilation](#)

[Annexe II: Bibliographie](#)

Annexe I: Ventilation

Pertes de charge provoquées par les accidents les plus fréquents sur les conduites.

REMARQUE PRÉLIMINAIRE

Les graphiques qui suivent permettent de calculer les pertes de charge provoquées par les accidents les plus fréquents des conduites de ventilation, afin de définir le ventilateur nécessaire à l'installation. Ces renseignements complètent le paragraphe 6.2.3. «Notions de base pour le calcul d'une installation de ventilation».

[Fig. 327: Ventilation: pertes de charge provoquées par les accidents les plus fréquents sur les conduites. \(Doc. CNEEMA.\)](#)

[Fig. 328.](#)

[Fig. 329.](#)

[Fig. 330.](#)

Fig. 331.**Annexe II: Bibliographie**

A.C.C.T.: L'amélioration des systèmes post-récolte en Afrique de l'Ouest. Agence de Coopération Culturelle et Technique, Paris, 1980.

ANGLADETTE (A.): Le riz, Éditions Maisonneuve et Larose, Paris, 1966.

A.U.P.E.L.F.: Conservation des denrées alimentaires cultivées en climat chaud et humide, Colloque CIT, Yaoundé, 1979.

BOCKELEE-MORVAN (A.): Séchage et stockage de l'arachide, IRHO, 1982.

BOOTH (R. H.) et SHAW (R. L.): Principles of potato storage, International Potato Center, Lima, Pérou, 1981.

BRAUDEAU (J.): Le cacaoyer, Éditions Maisonneuve et Larose, Paris, 1968.

CHRISTENSEN (C. M.): Storage of cereal grains and their products, American Assoc. of cereal chem., Si Paul, Minnesota, 1974.

C.N.E.E.M.A.: Récolte et séchage du haricot en grains, Bulletin n° 202, novembre 1974.

COSTE (R.): Le caféier, Éditions Maisonneuve et Larose, Paris, 1968.

COURSEY (D. G.): Yam storage in Journal of stored products research, 1967.

CRUZ (J. F.): Conservacion de gratins basicos post-cosecha en Nicaragua, CEEMAT, Antony, 1982.

CRUZ (J. F.): Le stockage du grain, Série Technologie. Dossier technique n° 11. Bureau International du Travail (BIT), Genève, 1986.

C.S.I.R.O.: Grain storage research and its application in Australia, C.S.I.R.O., Camberra, 1981.

DELUCA (Y.): Ingrédients naturels de préservation des grains stockés dans les

pays en développement in Journal d'agriculture XXVI, 1979.

DEUSE (J.): Protection chimique des denrées stockées in Amélioration des systèmes post-récolte en Afrique de l'Ouest A.C.C.T., 1980.

DICHTER (D.): Manual on improved farm and village level grain storage methods, GTZ Eschborn, RFA, 1978,

DUCOM (P.): Éléments d'écologie des stocks et de lutte contre les ravageurs in Amélioration des systèmes post-récolte en Afrique de l'Ouest, ACCT, 1980.

F.A.O.: Annuaire F.A.O. de la production, 1982.

F.A.O.: On farm maize drying and storage in the humid tropic, FAO agricultural services bulletin n° 40, Rome, 1980.

F.A.O.: Food loss prevention in perishable crops, FAO bulletin n° 43, Rome, 1981.

F.F.C.A.C.: Les céréales à la coopérative, Fédération Française des

Coopératives Agricoles de Céréales, Paris.

FOUA. BI (K.), BABACAUH (K. D.) et DEMEAUSE (M.): Pertes sur les ignames au cours du stockage CIT, Aupele, Yaoundé, 1979.

FLEURAT LESSARD (F.): Les traitements thermiques de désinfestation des céréales et des produits céréaliers. Bulletin OEPP n° 15, Paris, 1983.

GARDNER (R.): Dry bulbonions, Horticultural Enterprises Booklet England, 1973.

GAST (M.) et SIGAUT (F.): Les techniques de conservation des grains à long terme, C.N.R.S., 1979.

GILLIER (P.) et SILVESTRE (P.): L'arachide, Éditions Maisonneuve et Larose, Paris, 1969.

GRACEY (A. D.) et CALVERLEY (D. J. B.): Grain stores for tropical countries, Tropical Products Institute, Slough (G. B.), 1979.

GRIFFON (D.), THENELIN (A.), et HÉBERT (J. P.): Utilisation de l'énergie solaire pour le séchage et la conservation des produits agricoles et forestiers tropicaux, UNESCO/FAO working group meeting solar drying. CNREE Bulletin n° 7, Perpignan, 1985.

GRIST (D. H.): Rice, Éditions Longmans, 1960.

HALL (D. W.): Manutention et emmagasinage des graines alimentaires dans les régions tropicales et subtropicales, FAO, Rome, 1971.

HAYWARD (L. A. W.): Emploi et montage de silos plastiques pour le stockage de céréales en sacs, Agropress, Bonn (RFA), 1979.

HUBERT (P.): Fiches techniques d'agriculture spéciale, BDPA, 1970.

HYDE (M. B.): Airtight grain storage. Agricultural services bulletin n° 17, FAO, Rome, 1973.

I.I.F.: Les techniques du froid dans les pays chauds. Institut International du

Froid, Paris, 1976.

INVUFLEC/CTIFL: L'oignon, 5/1976.

I.T.C.F.: Séchage du grain. Perspectives Agricoles n° 6, 1977.

JUSTICE (O. L.) et BASS (L. N.): Principles and Practices of Seed Storage. Agricultural Handbook n° 506, Washington D.C., 1978.

LASSERAN (J. C.): La ventilation des grains. Perspectives Agricoles, I.T.C.F., mars 1981.

LAVABRE (E. M.): Les insectes des stocks de cacao et de café in revue café, cacao, thé, vol. IX, n° 3, 1965.

LINDBLAD (C.) et DRUBEN (L.): Small farm grain storage (3 vol.). Action peace corps, VITA, USA, 1977.

MATTEI. (M.): Données techniques sur la ventilation du grain. Études du CNEEMA, n° 329, mars 1969.

MONRO (H. A. U.): La fumigation en tant que traitement insecticide, FAO, Rome, 1970.

MONTIGNY (C.): La conservation de la pomme de terre. Institut technique de la pomme de terre, Paris, 1973.

MULTON (J. L.): Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés, Éditions Lavoisier, Paris, 1982.

O'KELLY (E.): Processing and storage of food grains by rural families FAO, Rome, 1979.

POINTEL (J. G.): La protection des stocks au niveau du cultivateur africain. Cahier d'agriculture pratique des pays chauds n° 3, 1971.

REIMBERT (M. et A.): Silos, Éditions Eyrolles, Paris, 1971.

SCHULTEN (G. G. M.): Post-harvest improvement for the eighties and nineties in Séminaire du G.A.S.G.A., Amsterdam, 1981.

SCOTTI (G.): Les insectes et les acariens des céréales stockées, ITCF, AFNOR, Paris, 1978.

S.E.M.A.: Évaluation des énergies nouvelles pour le développement des États africains. Collection technologies et développement. Ministère de la Coopération, 1978.

STANTON, W. R.: Les légumineuses à grains en Afrique, FAO, Rome, 1970.

TROUDE (F.): Méthodes, techniques et matériels pour éviter les pertes au niveau des stockages à moyenne et grande échelle in L'amélioration des systèmes post-récolte en Afrique de l'Ouest, ACCT, Paris, 1979.

TROUDE (F.): Installation d'un séchoir à maïs avec foyer à rafles, Mission FAO aux Comores, CEEMAT, Antony, 1984.

WILBAUX (R.): Le traitement du café. Bulletin n° 20, FAO, 1962.

WOODROOF (J. G.): Peanuts AVI Pubbsbing Company, Westport Connecticut,

1973.

WOODS (G.): Guide pratique de la ventilation, Dunod, Paris, 1962.

T.S.P.C.: Tropical Stored Products Information, publication trimestrielle du Tropical Stored Products Centre à Slough, Grande-Bretagne.

Publications du Ministère de la Coopération:

- **Mémento de l'Agronome, 1980;**
- **Mémento de l'adjoint technique des travaux ruraux, 1977.**

Publications des différents départements du CIRAD:

- **Machinisme Agricole Tropical du CEEMAT;**
- **Agronomie Tropicale de l'IRAT;**
- **Oléagineux de l'IRHO;**
- **Café, cacao, thé de l'IRCC.**

[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](#)

Glossaire

Acide aminé

Substance organique ayant une fonction acide et une fonction amine. Les acides aminés sont les constituants fondamentaux des protéines.

Activité de l'eau

Grandeur égale, à une température donnée, au rapport de la pression partielle de vapeur d'eau à la surface du grain et de la pression de vapeur saturante. A l'équilibre hygroscopique, l'activité de l'eau est identique à

l'humidité relative de l'air.

Adjuvant

Produit que l'on ajoute à un autre pour en améliorer les caractéristiques.

Aérobie

Se dit d'êtres vivants dont l'existence ne peut se poursuivre qu'en présence d'oxygène et par extension, qualifie souvent l'atmosphère (riche en oxygène).

Albumen

Tissu de réserve contenu dans certaines graines entourant et nourrissant la plantule.

Banché

Se dit de béton ou de banco (pisé) coulé entre des coffrages.

Banco

Matériau de construction traditionnel constitué d'un mortier d'argile, auquel est mélangée de la paille.

Biomasse

Masse de matière produite par les végétaux.

Boisseau

Cellule de stockage montée sur pieds et à fonds incliné permettant sa vidange intégrale (chargements, mélanges).

Biotope

Caractéristiques d'un milieu biologique.

Caryopse

Fruit sec à graine unique soudée au péricarpe.

Chainage

Armature ou élément de construction destinée à renforcer une maçonnerie.

Chevron

Pièce de bois de charpente de section 8 x 8 cm.

Clivage

Formation de plans de fissuration dans un grain.

Colloïdes

Pseudo-solution de particules non dissoutes dans une solution. Très nombreux dans les organismes vivants, animaux et végétaux.

Condensateur

Appareil électrique formé de deux conducteurs séparés par un isolant de faible épaisseur.

Conduction

Passage de la chaleur au travers d'un conducteur.

Constante diélectrique

Caractéristique électrique d'un corps à l'intérieur duquel peut s'établir un champ électrique sans perte d'énergie.

Courbe isotherme

Courbe établie pour une température donnée.

Ecart diurne

Différence entre températures minimum et maximum en 24 heures.

Elytres

Ailes supérieures coriaces et protectrices, caractéristiques des coléoptères.

Endothérapie

Traitement par voie interne.

Entomofaune

Population d'insectes présente dans un milieu donné.

Enzyme

Substance soluble provoquant ou accélérant une réaction. Les enzymes sont des molécules protéiques complexes agissant comme catalyseurs des réactions biochimiques.

Faîtière

Arête supérieure d'un toit.

Ferme

Assemblage d'éléments de charpente triangulaires disposés verticalement pour servir de support à la couverture. Les différentes fermes formant l'ossature de la toiture sont reliées par des pannes.

Fermentation

Transformation des matières organiques sous l'action d'enzymes secrétés par les micro-organismes.

Fumigant

Substance qui, à une température et pression données, peut être produite sous forme gazeuse à une concentration mortelle pour une espèce vivante donnée.

Gaz inerte

Gaz n'intervenant pas dans les réactions du métabolisme.

Gaz neutre

Gaz n'intervenant pas dans les réactions du métabolisme.

Gicleur

Orifice calibré mis au point pour la projection d'un combustible dans un flux d'air.

Hydrofuge

Qui préserve l'humidité, qui s'oppose au passage de l'eau.

Hydolyse

Réaction chimique de dissociation d'une molécule par addition d'eau.

Hygrométrie

Evaluation du degré d'humidité de l'air.

Insectifuge

Substance qui protège les grains contre les insectes en tenant ceux-ci à l'écart.

Isomères

Composés chimiques formés des mêmes éléments mais dont les atomes sont disposés différemment dans la molécule.

Larve

Forme active, très différente de l'adulte, présentée par de nombreux animaux au sortir de l'oeuf. Les larves d'insectes sont souvent les principaux responsables des dégâts dans les denrées stockées.

Levures

Micro-organismes unicellulaires capables de produire une fermentation.

Madriers

Pièces de bois de forte section.

Matériaux réfractaires

Matériaux qui résistent à la chaleur.

Métabolisme

Ensemble de réactions biochimiques qui se produisent au sein de la matière vivante et par lesquelles certaines substances s'élaborent (anabolisme) ou se dégradent en libérant de l'énergie (catabolisme).

Microflore

Ensemble des végétaux microscopiques présents dans les grains ou autres produits (moisissures, levures, etc.).

Moisissures

Nom commun aux champignons de petite taille qui se développent sur les produits agricoles, les aliments, et qui leur font subir des altérations chimiques.

Mucilage

Secrétion gluante de l'appareil digestif de l'insecte.

Mycotoxine

Substance toxique produite par les moisissures (par exemple Aflatoxine produite par *Aspergillus Flavus*).

Nébulisation

Mode de traitement dans lequel un pesticide est appliqué sous forme de brouillard.

Pannes

En construction, il s'agit d'éléments horizontaux d'une charpente de couverture qui supportent les chevrons.

Parpaings

Éléments de construction préfabriqués, en aggloméré de ciment de forme parallélépipédique et généralement creux.

Péricarpe

Ensemble de tissus (épicarpe, mesocarpe, endocarpe) qui entourent la graine des fruits.

Pignon

Partie supérieure triangulaire d'un mur sur laquelle portent les pannes d'un toit à deux pentes.

Phytotoxique

Toxique pour les végétaux.

Polarimétrie

Mesure de la déviation de la lumière traversant une substance active.

Polyéthylène

Matière plastique translucide peu sensible aux produits chimiques.

Poudrage

Traitement consistant à appliquer de la poudre insecticide sur les produits à conserver.

Pression Partielle d'un gaz

Dans un mélange de gaz, pression de chacun d'entre eux s'il occupait seul le volume total du mélange.

Puisette

Petite pelle à main spécialement dessinée pour la manutention des grains.

Pulvérisation

Traitement consistant à appliquer un insecticide liquide sous forme de fines gouttelettes.

Qualité organoleptique

Qualité d'un produit apprécié par les organes des sens: goût, odeur, aspect, texture, couleur, etc.

Résistivité électrique

Caractéristique d'un corps conducteur au passage d'un courant électrique.

Rostre

Pointe médiane portée par la tête de l'insecte.

Sigmoïde

Qui a la forme de la lettre grecque: sigma (forme de S).

Spathes

Feuilles (grandes bractées) recouvrant l'épi de maïs. L'épi de maïs recouvert

de ses spathes est parfois appelé «panouille».

Substrat

Molécule sur laquelle agit une enzyme et, par extension, matière servant de support au développement des micro-organismes.

Sucre réducteur

Sucre ayant la faculté de fixer des atomes d'oxygène d'une molécule.

Thermoconductivité

Aptitude d'un corps à transmettre la chaleur.

Thermométrie

Relatif à la mesure des températures (par exemple, sondes thermométriques).

Thermophile

Qui apprécie les hautes températures.

Tirfonds

Grosse vis à bois à tête carrée.

Travée

Espace compris entre deux piliers ou deux points d'appuis, ou entre deux fermes successives d'une charpente.

Vulcanisation

Amélioration des propriétés du caoutchouc par addition de soufre. Procédés à chaud et à froid.

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