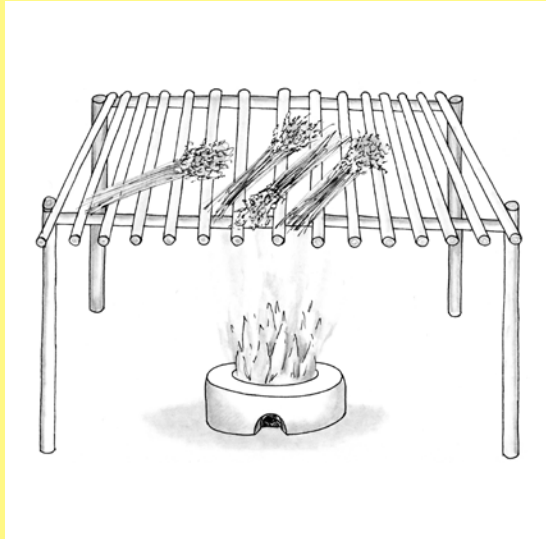
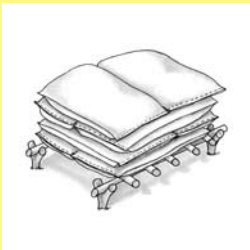


Le stockage des produits agricoles



Agrodok 31

Le stockage des produits agricoles

Piet Scheepens
Rik Hoervers
Francis Xavier Arulappan
Gerard Pesch

Cette publication est sponsorisée par : ICCO

© Fondation Agromisa et CTA, Wageningen, 2011.

Tous droits réservés. Aucune reproduction de cet ouvrage, même partielle, quel que soit le procédé, impression, photocopie, microfilm ou autre, n'est autorisée sans la permission écrite de l'éditeur.

Première édition : 1995

Cinquième édition (entièrement révisée) : 2011

Auteurs : Piet Scheepens, Rik Hoevers, Francis Xavier Arulappan, Gerard Pesch

Illustrations : Marinette Hoogendoorn, Jaap Uittien

Traduction : Josiane Bardon

Imprimé par : Digigrafi, Veenendaal, Pays Bas

ISBN Agromisa: 978-90-8573-124-5

ISBN CTA: 978-92-9081-444-3

Avant-propos

Ce manuel de la série des Agrodok est une révision approfondie de l'édition de Jelle Hayma de 1995. Les pertes après récolte étant malheureusement toujours un problème important pour les agriculteurs à petite échelle sous les tropiques, une mise à jour s'imposait.

L'objectif premier de cette révision était d'accorder moins de place aux équipements techniques de stockage des produits agricoles. Nous voulions plutôt mettre l'accent sur des informations générales répondant aux questions suivantes : de quelle façon les produits se détériorent-ils et pourquoi ? Comment peut-on retarder ou réduire ce phénomène ?

Ce manuel ne se limite pas au stockage des aliments de base (céréales et légumes secs, racines et tubercules) puisque tout un chapitre est consacré aux fruits et légumes. Ces produits ne sont pas seulement importants pour le régime alimentaire de la famille de l'agriculteur, ils représentent également un revenu potentiel s'il vend des exemplaires de qualité sur le marché.

Pendant la préparation de ce manuel, plusieurs personnes nous ont envoyé des commentaires et des suggestions d'amélioration de ce manuel. Nous tenons à remercier particulièrement Peter Fellows pour sa contribution qui nous a été précieuse. Il participait conjointement à la rédaction d'Agrodok 50 : Le conditionnement des produits agricoles.

Les auteurs, Wageningen, 2011

Sommaire

1	Introduction	6
1.1	Les raisons du stockage des produits agricoles	6
1.2	Présentation générale de ce manuel	7
2	Comment conserver la qualité des produits agricoles stockés ?	9
2.1	La durée de conservation dépend du produit stocké	9
2.2	Pour quelle raison la qualité et la quantité des produits agricoles stockés diminue-t-elle ?	11
2.3	Prévention des pertes de produits stockés	12
2.4	Principes de stockage	13
3	Le stockage des graines	16
3.1	Introduction	16
3.2	Difficultés du stockage des graines	17
3.3	Récolte et séchage des graines dans les champs	19
3.4	Informations complémentaires sur le séchage et le stockage	26
3.5	Protection supplémentaire contre les insectes	34
3.6	Protection supplémentaire contre les rats et les souris	43
4	Stockage des racines, des tubercules et des bulbes	46
4.1	Introduction	46
4.2	Difficultés du stockage des racines et des tubercules	46
4.3	Activités à effectuer dans les champs	48
4.4	Stockage des racines, des tubercules et des bulbes	51
4.5	Mesures spécifiques pour augmenter la durée de conservation	55
5	Stockage des fruits et légumes	59
5.1	Introduction	59
5.2	Difficultés du stockage des fruits et légumes	60

5.3	Opérations effectuées dans les champs et dans le lieu de stockage	63
5.4	Le stockage des fruits et légumes	66
	Annexe 1 : Mesure de l'humidité relative de l'air	73
	Annexe 2 : Mesure de la teneur en humidité des graines	75
	Bibliographie	77
	Adresses utiles	79
	Glossaire	82

1 Introduction

1.1 Les raisons du stockage des produits agricoles

Ce manuel traite des méthodes de récolte et de stockage des produits agricoles. Dans la plupart des cas, ils sont stockés sans traitement pour une période plus ou moins longue. Malheureusement, des pertes de 25% des graines/grains et de 40 à 50% des légumes sont monnaie courante sous les tropiques. Ces produits ont des fonctions variées :

Graines pour les semences

Une partie de la récolte sert de matériel de propagation pour la culture suivante. Stockés dans de mauvaises conditions, les graines ou tubercules risquent de ne pas tous germer (se développer) une fois semés ou plantés. L'agriculteur devra donc en utiliser beaucoup plus pour obtenir une récolte suffisante. Les semences se développeront aussi peut-être à des rythmes différents, ce qui causera des problèmes pour la culture et la récolte.

Aliments pour la famille

Il est important de disposer de suffisamment de nourriture, mais il est aussi essentiel de consommer une alimentation de bonne qualité. Il est facile pour les agriculteurs et leurs familles de prévoir s'ils manqueront de céréales d'ici la prochaine récolte, mais il leur est plus difficile de mesurer la perte de qualité des produits alimentaires. Certains insectes mangent les meilleures parties des céréales, celles qui contiennent les vitamines et les minéraux déterminant les qualités nutritionnelles des aliments. Cette perte de qualité passant souvent inaperçue, il est très important de savoir comment l'éviter. L'absence d'une alimentation nutritive risque de provoquer de nombreux problèmes de maladie ou de malnutrition.

Revenu

Les agriculteurs doivent acheter ou troquer les produits dont ils ont besoin mais qu'ils ne produisent pas. La plupart vendent les produits qui ne servent pas à leur alimentation ou aux semences pour gagner de l'argent, ou les troquent contre des marchandises qui leur sont nécessaires. S'ils ne disposent pas de bons équipements de séchage et de stockage, ils ne peuvent pas conserver leurs produits de façon sûre et sont contraints de les vendre peu de temps après la récolte. Le prix est alors très bas parce que les céréales sont en abondance et personne n'en a besoin. Mais si les agriculteurs sont en mesure de faire sécher et de stocker les produits en toute sécurité, ils seront stimulés à en cultiver au-delà que leurs besoins propres. Un bon système de stockage a donc des chances de procurer davantage de produits alimentaires et de revenus, une meilleure qualité des semences et un avenir meilleur.

Nous souhaitons que ce manuel pratique incite les agriculteurs à petite échelle à améliorer leurs méthodes de stockage des céréales, des racines et tubercules ainsi que des fruits et légumes.

1.2 Présentation générale de ce manuel

Dans ce manuel, nous traitons du stockage de différents produits agricoles. Nous ne présentons pas le stockage comme une mesure isolée, mais dans le contexte des autres activités effectuées après la récolte. Dans le premier chapitre, nous soulignons l'importance du stockage des produits agricoles pour les agriculteurs.

Le Chapitre 2 se divise en plusieurs sections. La première (2.1) explique le processus de détérioration des produits agricoles après la récolte, qui les rend impropres au stockage à long terme. La durée du stockage varie selon le produit, mais en général elle est plus longue pour les graines (grains), moyenne pour les racines et les tubercules et plus courte pour les fruits et légumes. La section 2.2 explique pourquoi la qualité des produits récoltés se détériore rapidement. La section 2.3 décrit des méthodes permettant de supprimer ou de réduire ces

pertes. La section 2.4 résume les principes du stockage et montre qu'ils dépendent du type de produit et des conditions extérieures.

Les Chapitres 3 à 5 sont consacrés au stockage de cultures spécifiques : les graines (Chapitre 3), les racines, les tubercules et les bulbes (Chapitre 4) et les fruits et légumes (Chapitre 5). Ces chapitres présentent d'abord les caractéristiques des produits de chaque groupe, puis traitent des difficultés rencontrées lors de leur stockage. La troisième section de chaque chapitre décrit les activités effectuées dans les champs avant le stockage et, pour certains produits, les techniques de stockage en plein champ. La quatrième section de chaque chapitre traite de la préparation de l'espace de stockage à l'intérieur d'un bâtiment, du stockage en soi et du transport des produits arrivant ou repartant de ce lieu.

2 Comment conserver la qualité des produits agricoles stockés ?

2.1 La durée de conservation dépend du produit stocké

Les produits agricoles ne peuvent être stockés indéfiniment. Leur durée maximum de conservation varie de quelques jours pour certains fruits et légumes, à deux ou trois mois pour la plupart des tubercules et des bulbes et à plus d'un an pour les céréales vivrières sèches ou d'autres graines (Figure 1).

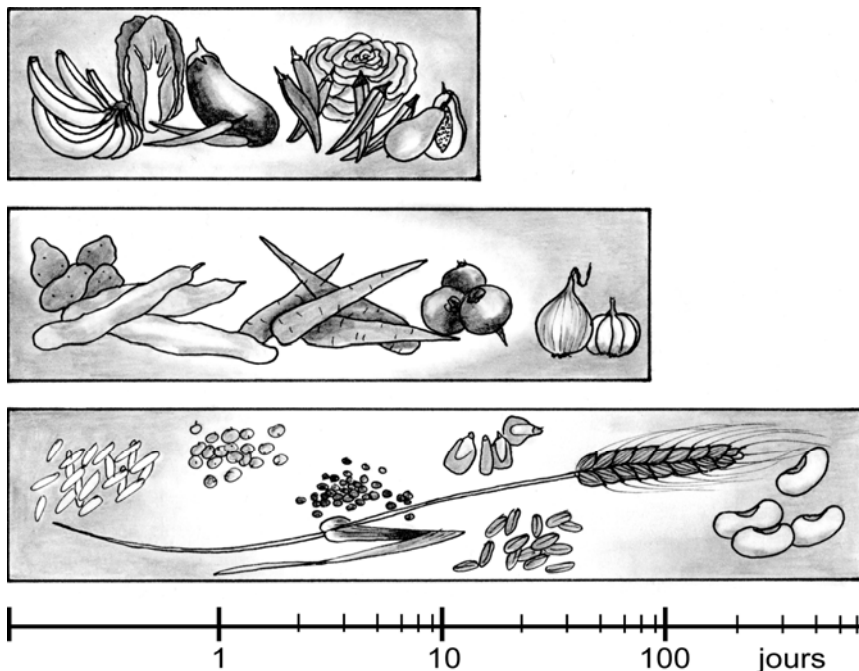


Figure 1 : La durée de conservation dépend avant tout du type de produit agricole. Barre du haut : fruits et légumes ; barre du milieu : tubercules et bulbes ; barre du bas : graines

On peut allonger la durée de conservation de quelques produits agricoles frais en les réfrigérant, mais cette méthode revient cher et n'est pas décrite en détail dans ce manuel. L'essentiel est que les récoltes restent comestibles lors de leur stockage. Mais la plupart des fruits et des légumes doivent aussi garder une apparence appétissante. Si leur couleur a changé, si leur peau est ridée, etc... les consommateurs auront moins envie d'en manger.

De nombreux facteurs constituent une menace pour la durée de conservation de chacun des produits. Ces menaces n'interviennent pas uniquement pendant le stockage, mais elles sont présentes au cours de toute la chaîne qui mène de la production à la consommation ou à la commercialisation (voir la Figure 2). Chaque étape a un impact sur la qualité et la quantité des produits. Ce manuel traite des premières étapes de la chaîne. La transformation et la commercialisation seront décrites dans les références figurant dans la Bibliographie.

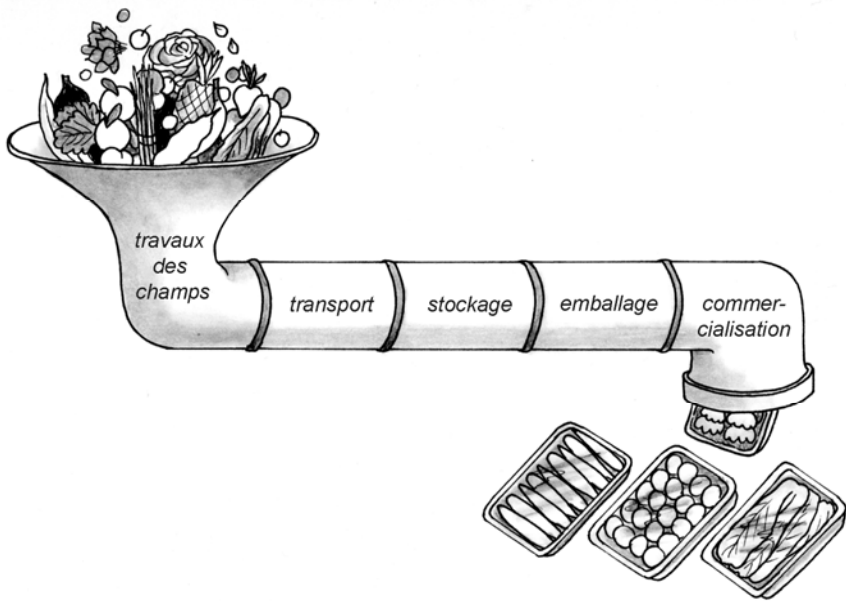


Figure 2 : Chaîne des aliments, de la récolte à la consommation

S'il est impossible de stocker les produits et qu'ils risquent d'être abîmés avant leur consommation, la meilleure solution consiste souvent à les mettre en conserve. Autrement dit, il faudra les transformer de façon à modifier leurs propriétés et à pouvoir ainsi les conserver plus longtemps. Par exemple, on fera sécher des fruits, on préparera de la farine de manioc ou de la purée de tomates. On fabrique de cette façon de nouveaux produits comestibles aux propriétés nouvelles. Vous trouverez des détails à ce sujet dans l'Agrodok 3 : **La conservation des fruits et des légumes.**

2.2 Pour quelle raison la qualité et la quantité des produits agricoles stockés diminue-t-elle ?

Facteurs internes

Après leur récolte, les produits agricoles sont toujours vivants et leurs processus vitaux continuent. Ils respirent tous et se servent de l'oxygène de l'air pour brûler leurs réserves. Leur volume diminue et ils produisent du dioxyde de carbone et de la chaleur. Le processus de maturation se poursuit également. Les fruits changent souvent de couleur en mûrissant et leur chair s'attendrit peu à peu. Puis le fruit est trop mûr et impropre à la consommation. Les fruits et les légumes et, à un moindre degré, les tubercules ont tendance à perdre de l'eau en vieillissant. Ils sont alors ridés et moins appétissants pour les consommateurs.

La respiration, la maturation et la perte d'eau sont des facteurs internes qui déterminent la qualité des produits stockés.

Facteurs externes

Les facteurs externes, qui jouent également un rôle important dans la perte de qualité et de quantité des produits sont notamment :

➤ *Dégâts mécaniques*

Les graines, les racines et les tubercules s'abîment facilement pendant la récolte. Les fruits et légumes frais risquent souvent d'être coupés ou meurtris du fait de leur texture tendre et de leur teneur élevée en humidité. Une manutention sans soin, un emballage mal adapté et un mauvais conditionnement pendant le transport provoquent des meurtrissures, des coupures, des cassures, des contusions ou endommagent d'une autre façon les fruits et légumes frais.

➤ *Champignons et bactéries*

Après la récolte, les mécanismes naturels de défense des produits agricoles déclinent rapidement. Les racines, les tubercules, les fruits et les légumes sont alors facilement infectés par les bactéries et les champignons. La plupart des champignons, qu'on appelle aussi des moisissures, ont une structure filiforme. Ces deux types de micro-organismes se développent dans des produits qui contiennent suffisamment d'humidité et les font pourrir. Les graines sont généralement moins vulnérables, à condition qu'elles soient stockées dans un environnement sec.

➤ *Insectes, rongeurs et autres animaux*

Tous ces ravageurs se nourrissent volontiers de graines et d'autres produits agricoles stockés et sont à l'origine de pertes importantes.

2.3 Prévention des pertes de produits stockés

Dans les chapitres suivants, nous allons étudier les moyens d'optimiser les conditions de stockage afin d'empêcher les pertes. Généralement, la prévention consiste à maîtriser les différents facteurs internes et externes responsables de la perte de qualité ou de quantité des produits agricoles.

Le vieillissement, la respiration et la perte d'eau provoquent la détérioration des produits. On ralentit ces processus en tenant les produits au frais. Les tubercules, à l'exception du manioc, peuvent être maintenus à un stade de dormance (voir Chapitre 4), dans lequel ils resteront

frais et qui les empêchera de se rider. Pour éviter une perte d'humidité des racines et des tubercules, on les stocke dans un environnement humide, dans un sol mouillé par exemple. Par contre, il vaut mieux stocker les graines dans un environnement sec, parce qu'il ralentit les processus vitaux, dont la respiration. En récoltant certains fruits avant maturité, on prolonge parfois leur durée de conservation.

Pour éviter les dégâts mécaniques avant ou pendant la récolte on prend des précautions en effectuant le battage des graines par exemple, ou on emballe les fruits et les légumes pour les protéger pendant le transport. Certains variétés, comme les tomates Roma, résistent mieux à ces dégâts.

Lorsque les fruits, les légumes, les racines et les tubercules sont sains lors de leur période de croissance, ils résistent mieux aux champignons et aux bactéries et s'abîment moins vite. Une fois qu'ils sont stockés, ce sont les mêmes méthodes qui empêchent ou retardent le pourrissement et le vieillissement. On fait sécher les graines, pour éviter que les micro-organismes ne les détériorent.

Il faut empêcher les insectes et les ravageurs de contaminer les cultures avant la récolte et de pénétrer ensuite dans les lieux de stockage.

2.4 Principes de stockage

La plupart des produits agricoles ne sont pas consommés immédiatement après la récolte pour les raisons données dans le Chapitre 1. Il faut les stocker pendant un certain temps. La principale difficulté est de les empêcher de se détériorer et de perdre leur qualité. On prend en considération les points suivants :

- 1 Pour les tubercules, les plantes à bulbe (Chapitre 4) et certains fruits et légumes (Chapitre 5), la solution consiste parfois à attendre que les produits soient aptes à la consommation avant de les cueillir ou de les récolter. Mais la plupart des produits doivent être récoltés dès qu'ils sont mûrs pour éviter une trop grande perte de qualité et ré-

duire les risques d'infestation par les ravageurs et les maladies ou empêcher les vols.

- 2 Dans certains cas il est possible et souhaitable de laisser les cultures dans les champs après la récolte, mais c'est toujours risqué car les conditions climatiques et la présence de ravageurs et de maladies sont incontrôlables. Par contre, ce serait désastreux pour d'autres produits qui ne supporteraient pas l'exposition en plein soleil, surtout sous les tropiques. C'est particulièrement le cas pour les semences (Chapitre 3), qui ne résistent pas à des températures supérieures à 40-45 °C et les fruits et légumes (Chapitre 5). Mais cela a parfois un effet bénéfique sur les tubercules et les bulbes de rester un certain temps dans le champ à haute température, mais pas trop longtemps. Comme les graines doivent être sèches pour que leur stockage s'opère dans de bonnes conditions, le séchage peut s'effectuer dans les champs dans les périodes sans pluie.
- 3 Certains produits sont facilement meurtris ou abîmés pendant leur transport ou leur stockage. On peut l'éviter en prenant des précautions pendant la récolte, en les emballant convenablement et en conduisant tranquillement le véhicule de transport.
- 4 S'il n'est pas possible de faire sécher les graines dans les champs, il faut le faire à l'intérieur d'un bâtiment. Lorsqu'il pleut rarement, on les fait sécher dans un lieu bien aéré. Ensuite, on les conserve sur place ou on les emballe pour les stocker ailleurs. S'il pleut souvent, il faudra sécher les graines de façon artificielle avec un ventilateur ou un courant d'air chaud, à condition que la température ne s'élève pas trop, ce qui risquerait de les faire mourir.
- 5 Les produits sont stockés avant d'être consommés par l'agriculteur et sa famille ou avant leur transport au marché. Les conditions optimales varie selon le produit.
 - La température joue toujours un rôle important. En général, plus elle est basse, plus les produits pourront être stockés longtemps. La plupart supportent bien la réfrigération, mais pour des raisons

économiques, on l'applique uniquement à des produits coûteux en volumes réduits. Les basses températures détériorent certains fruits tropicaux.

- Il faut éviter de stocker de façon hermétique les produits qui respirent : dans du plastique, des récipients fermés ou des entrepôts sans aération.
- Par contre on peut stocker les produits qui ne respirent pas (les graines sèches) dans un récipient ou un lieu hermétique.
- Les produits contenant un taux élevé d'humidité seront stockés de préférence dans des conditions relativement humides, ce qui sera malheureusement aussi favorable à la croissance des champignons et des bactéries. Il faudra donc faire très attention à stocker uniquement des produits exempts de ces micro-organismes. Les graines encore trop humides pour pouvoir être stockées hermétiquement seront conservées dans des lieux aérés par de très petits trous, pour empêcher le passage des insectes, rats et souris. Mais une bonne ventilation est toutefois indispensable pour faciliter le processus de séchage.
- Il vaut mieux éviter de stocker des fruits qui produisent de l'éthylène pendant leur maturation (Chapitre 5) avec un grand nombre d'autres fruits et légumes, parce que ce gaz provoque le vieillissement.
- Il est indispensable d'examiner les produits régulièrement, de préférence chaque jour, afin de repérer le plus rapidement possible les marques de détérioration et de morsures de rongeurs ou d'insectes.

6 Lorsque le volume de la récolte est supérieur aux besoins de la famille, on peut mettre en conserve une partie de la production pour allonger sa durée de conservation (voir l'Agrodok 3 : **Conservation des fruits et des légumes**, et les références dans la Bibliographie).

3 Le stockage des graines

3.1 Introduction

Les graines sont le moyen naturel qu'ont les plantes pour se propager et se disséminer. Elles permettent aussi à l'espèce de survivre entre les périodes de croissance, lorsque les conditions météorologiques ne sont pas favorables. Les graines des plantes sont donc faites pour survivre. Elles sont constituées d'un embryon, d'une réserve nutritive permettant la croissance de l'embryon et d'une enveloppe pour les protéger (Figure 3). Lorsque les conditions sont favorables, l'embryon germe et se développe en une nouvelle plante. Lors de sa croissance, il épuise la réserve nutritive. L'eau est le facteur essentiel qui déclenche la croissance de l'embryon. Aucun processus vital n'apparaît tant que les graines sont sèches, mais elles restent intactes et viables (prêtes à se développer).

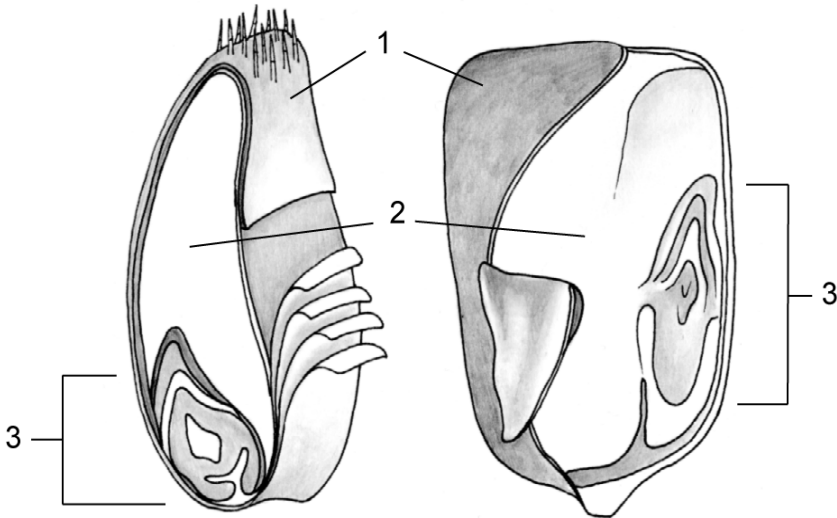


Figure 3 : Structure du blé (gauche) et du maïs (droite), 1 : enveloppe de la graine, 2 : réserve nutritive, 3 : embryon

De nombreuses plantes se propagent par leurs graines (ou grains pour les céréales). Pour les agriculteurs, les graines permettent de mettre en place les cultures au début de chaque saison de croissance. Une fois semées dans un sol humide, elles germent et se développent en une plante cultivée. Les graines sont également une source importante d'alimentation pour les hommes et pour les animaux. Les grains de céréales et les légumes secs (graines de légumineuses) sont des aliments de base essentiels. Les céréales appartiennent à la famille graminées et les légumes secs sont des plantes annuelles que l'on cultive pour leurs graines. Les graines oléagineuses (contenant de l'huile) servent à la consommation directe (arachides, soja, sésame et noix de coco) ou à en extraire de l'huile. Toutes les noix représentent un catégorie particulière de graines oléagineuses puisqu'elles se consomment cuisinées, crues, germées ou bien grillées, en amuse-gueule. Elles ont une grande valeur nutritive.

Qu'elles soient destinées à devenir des semences ou des aliments, il faut pouvoir stocker les graines pendant au moins plusieurs mois.

3.2 Difficultés du stockage des graines

La première difficulté consiste à bien les faire sécher. Le séchage a une double fonction. Tout d'abord, il bloque pratiquement la respiration des graines. Si les graines destinées à la consommation continuent à respirer, elles perdront leur valeur nutritionnelle et celles prévues pour les semences ne pourront plus germer. Tandis qu'une fois bien sèches, elles cesseront de respirer et se conserveront pendant une longue période : de quelques mois à plus d'un an, selon les espèces.

La seconde fonction du séchage est d'empêcher les détériorations causées par les bactéries et les champignons. Si les graines sont trop humides au moment du stockage, elles constitueront une source idéale d'alimentation pour ces micro-organismes. Leur activité fera monter la température du lieu d'entreposage et les graines seront totalement abîmées sous la double action des dégâts directs (pourrissement et at-

taque des insectes et autres animaux) et de la destruction de leur capacité de germination due à la température élevée.

La teneur en humidité des graines destinées à la consommation ne doit pas dépasser 13% lors de leur stockage ; elle peut atteindre environ 2% de plus pour les légumes secs. C'est ce qu'on appelle « la teneur en humidité de sécurité », car en dessous de cette valeur, les graines ne constitueront plus un milieu favorable à la croissance des bactéries et des champignons (voir l'Annexe 1 pour plus d'explications). Les graines destinées aux semis peuvent être conservées plus longtemps à condition que leur teneur en humidité soit inférieure de quelques pourcentages. Mais les graines de légumineuses très sèches posent un autre problème : elles deviennent friables et s'abîment facilement lors de leur manipulation.

L'évaluation de la teneur en humidité des graines est souvent l'une des plus grandes difficultés que doivent surmonter les producteurs de graines à petite échelle. La seule méthode précise consiste à utiliser un petit humidimètre électronique (voir Annexe 2), dont le prix est assez élevé. Mais si vous avez les moyens d'en acheter un, c'est un investissement qui en vaut vraiment la peine. Certains agriculteurs et commerçants expérimentés arrivent à estimer la teneur en humidité des graines en les mordant. Si elles se fendillent plutôt que de se casser, c'est qu'elles sont suffisamment sèches pour être stockées. Une autre méthode bon marché consiste à utiliser du sel qui a séché au soleil pendant quelques jours. On mélange le sel et les graines dans un bocal propre et sec, puis on secoue le tout pendant une minute. Si le sel colle au verre, c'est probablement que les graines contiennent plus de 15% d'humidité et qu'il faut les faire sécher davantage. Si le sel ne colle pas, les graines sont assez sèches pour être stockées.

Certaines graines oléagineuses présentent plus de risques d'être attaquées par des micro-organismes, car elles attirent des champignons et bactéries qui se développent même si la teneur en humidité des graines est très faible. Il faut par exemple faire sécher les arachides à moins de 8% d'humidité pour empêcher la prolifération de champi-

gnons qui produisent des substances toxiques pour les êtres humains (aflatoxines). Les graines oléagineuses stockées risquent aussi de devenir rances (de prendre une odeur ou une saveur désagréable).

Les graines étant la nourriture préférée de plusieurs insectes, rongeurs et oiseaux, il vaut mieux éviter de les conserver très longtemps dans les champs après la récolte. Les insectes et les rongeurs sont également des ravageurs notoires des graines stockées. La seconde difficulté est donc d'empêcher les insectes et les rongeurs de pénétrer dans le stock de graines. Et c'est un défi encore plus grand d'y parvenir sans utiliser de pesticides. Nombre d'entre eux sont aussi toxiques pour les êtres humains et les animaux domestiques.

Et quant aux graines destinées aux semis, il s'agit de trouver un moyen d'empêcher leur destruction par une chaleur excessive. Les températures pendant la récolte, le séchage et le stockage ne doivent pas excéder 40 °C pour les céréales et 35 °C pour les légumes secs.

3.3 Récolte et séchage des graines dans les champs

Période et méthode de récolte

Il est très important que la récolte des graines soit effectuée au bon moment. Elle ne doit avoir lieu ni trop tôt, ni trop tard. Récoltées trop tôt, les graines auront une teneur élevée en humidité et il ne sera pas possible de les stocker sèches. Si la récolte est faite trop tard, on aura des pertes dues à la maladie, aux insectes, aux oiseaux, à l'égrenage spontané ou à la pluie qui abîmera les graines ; elles seront aussi plus fragiles et se briseront plus facilement lors de leur manutention.

La culture de graines étant d'une grande valeur, il vaut peut-être mieux les récolter un peu trop tôt et faire sécher ensuite les graines artificiellement, même si cela représente davantage de travail. Cela éliminera la plupart des dangers mentionnés auparavant. Si vous envisagez d'utiliser une méthode de séchage qui n'est pas prévue à l'origine pour les graines, n'oubliez pas qu'un excès de chaleur est le moyen

le plus sûr de détruire les graines ! Le mieux est de les faire sécher dans un lieu bien aéré et légèrement ombragé, en les retournant régulièrement. Il faudra arrêter à temps pour éviter que les graines ne sèchent trop. Si le séchage s'effectue dans les champs, la date du semis doit être prévue de façon à ce que la récolte s'effectue pendant la saison sèche. La graine de la plupart des cultures atteint la maturité un peu avant la période normale de récolte. La graine est remplie, l'embryon est complet et la seule chose qui se passe ensuite, c'est une perte d'eau.

La graine est alors considérée comme physiologiquement mûre. Théoriquement, vous pouvez la récolter ensuite à tout moment, à condition d'avoir un équipement qui vous permet de réduire la teneur en humidité.

La maturité physiologique de la plupart des légumes secs se manifeste par un changement de couleur des gousses. On arrache alors les plantes et on les rassemble en andains (en rangées) ou on les dépose sur des claies, pour qu'elles sèchent. On s'assure ainsi que toutes les gousses sont prêtes pour le battage à peu près au même moment. Si vous avez des cultivars qui ont une longue saison de floraison et des gousses d'âges très différents, vous devrez trouver un compromis entre le risque de perdre des graines des gousses les plus vieilles par égrenage spontané et celui de récolter les jeunes gousses trop tôt. La première catégorie étant habituellement de meilleure qualité, il est donc préférable de les préserver plutôt que les plus jeunes. La technique des andains marche moins bien si le sol est lourd et reste humide pendant une longue période. La solution consiste sans doute alors à construire de simple claies ou des trépieds sur lesquels on entassera les cultures. Il n'est pas possible de vérifier directement l'état des gousses des arachides. Vous serez contraint de déterrer quelques plantes lorsque d'après vous le moment de la récolte sera proche et de vérifier si les graines sont détachées dans la gousse et si la peau extérieure (dans le cas des cacahuètes) a changé de couleur.

Le maïs a atteint sa maturité lorsque la couche noire s'est formée. On la repère en détachant un grain de l'épis, en enlevant les morceaux de matière fibreuse ressemblant à du papier situés au sommet et en regardant vers l'intérieur de la graine à partir de son point d'attache à l'épi. La récolte peut se faire à ce moment-là et donnera des graines d'excellente qualité. La maturité physiologique n'est pas un indicateur intéressant pour le riz et les autres céréales à paille courte (blé, orge, seigle et avoine). Elle est déjà atteinte à une teneur en humidité de 50 %, ce qui est bien trop tôt pour démarrer la récolte. Le meilleur moment, c'est lorsque les épis changent de couleur, comme c'est le cas pour les légumes secs.

Si vous avez l'intention de garder les graines de plantes que vous avez sélectionnées auparavant, pour les semer plus tard, n'oubliez pas de les récolter en premier, avant le reste.

Séchage des graines

Comme indiqué dans l'Annexe 1, le temps idéal de séchage des graines est un temps sec avec un léger vent. Lorsque les températures de séchage sont trop élevées, les grains de certains céréales se cassent, ce qui risque de détruire l'embryon. Le séchage de la plupart des semences se fait donc à une température maximum de 35 °C. Seuls les céréales résistent à des température de 40 à 45°. C'est la raison pour laquelle on fait sécher les futures semences à l'ombre et non en plein soleil. C'est une catastrophe lorsque des graines sèches sont à nouveau mouillées. Il est donc indispensable de sécher les graines à l'intérieur lorsqu'on les récolte pendant une saison pluvieuse (voir la section 3.4). S'il n'y a que des averses occasionnelles, les graines peuvent sécher dans les champs. Dans ce cas, étalez-les sur une feuille de plastique ou sur une toile et attachez une corde au-dessus du milieu (Figure 4). S'il se met à pleuvoir, vous pourrez replier le plastique ou la toile par-dessus la corde pour protéger les graines.

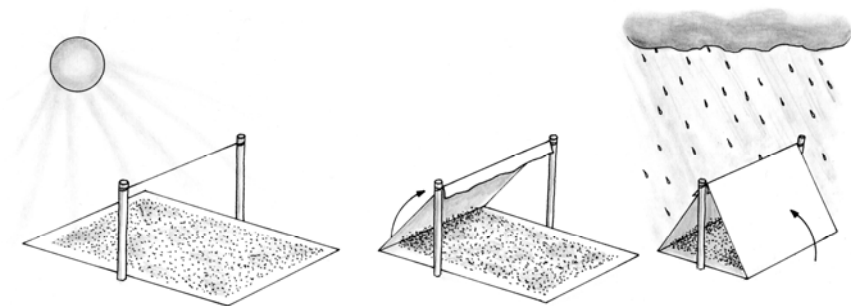


Figure 4 : Les graines sont mises à sécher au soleil sur une feuille (1) qui peut être repliée (2) par-dessus une corde, en cas de pluie (3)

Les céréales et les légumes secs sont souvent mises à sécher dans les champs, les graines étant encore attachées aux plantes. La Figure 5 présente plusieurs types de supports utilisés pour le séchage des plantes.

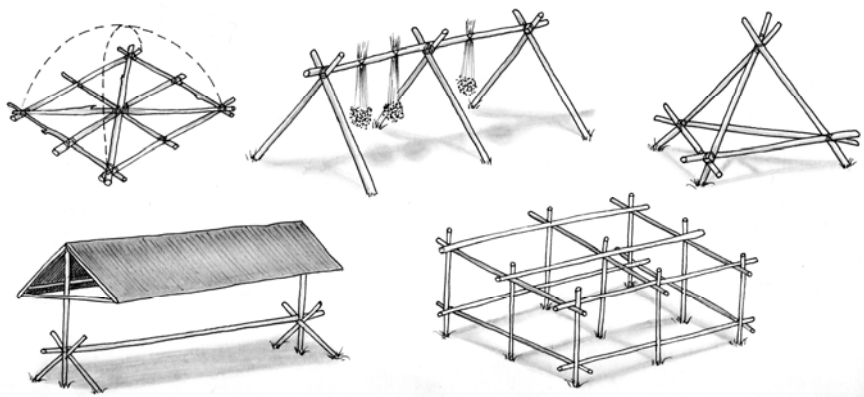


Figure 5 : Différents types de supports utilisés pour le séchage des céréales et des légumes secs. Rangée du haut, à partir de la gauche : branchages, tréteau pour suspendre des bottes de plantes, fanoir (trépied). Rangée du bas : support surmonté d'un toit (à gauche), plateforme (à droite)

On laisse souvent les légumes secs sur le sol avant de les mettre sur des claies, afin que les feuilles se dessèchent. Ce processus est appelé l'andainage.

Mais, la technique de l'andainage marche moins bien si le sol est lourd et reste humide pendant une longue période. Les arachides sont également mises à sécher dans le champ, en andains, en tas ou sur des claies.

Lorsqu'on prévoit de la pluie, il faut absolument protéger les grains de céréales, les gousses, les légumes secs ou les arachides pour qu'ils ne se mouillent pas. On les entasse sur des claies ou des trépieds en mettant les graines ou gousses vers l'intérieur et les feuilles à l'extérieur. Ainsi les feuilles forment une sorte de chaume sur lequel la pluie coulera, comme sur le chaume d'une maison.

On augmente la protection des graines ou gousses contre la pluie en ajoutant un petit morceau de bâche ou de plastique sur le sommet du trépied (comme un chapeau).

Les grains de maïs sont laissés sur l'épi pendant leur séchage. En effet, les grains sont encore trop humides pour qu'on puisse les battre, il faut donc les faire sécher avant. Les épis de maïs sont souvent mis à sécher dans des bâtiments réservés à cet effet (voir Figure 6, section 3.4).

Pendant cette période de pré-stockage et parfois même avant la récolte, les graines risquent d'être infestées par les insectes. Un contrôle adéquat des ravageurs pendant la période de croissance des plantes permet d'éviter ce problème.

Une fois que les produits ont atteint la teneur en humidité de sécurité, on enlève les tiges et le feuillage et on stocke les légumes secs dans des récipients qui prennent moins de place. On effectue souvent un battage auparavant. Il est possible de stocker des graines encore trop humides, à condition qu'elles puissent continuer à sécher pendant leur stockage.

On laisse d'abord sécher les graines oléagineuses d'arachide, de soja et de sésame dans les champs, sans enlever le feuillage. Leur teneur en humidité ne doit pas descendre en dessous de 15%, sinon il y aurait trop de graines brisées au cours des manipulations qui suivront, ce qui augmenterait le risque d'infection par les champignons ou d'invasion d'insectes. Puis on les bat ou on les ramasse à la main. Une teneur en humidité de 15% est celle qui convient le mieux pour le ramassage à la main, le battage avec des fléaux ou de simples machines à écorcer. Lorsque le battage s'effectue mécaniquement, la teneur en humidité peut être supérieure, ce qui abîme moins les graines.

Il est difficile de stocker des graines de palmier sans perte de qualité, il faut donc bien les faire sécher. Pour un stockage prolongé, la teneur en humidité de la chair des noix de coco doit passer d'environ 50% à autour de 6%. On coupe les noix en deux et on les fait sécher au soleil ou artificiellement ou en combinant les deux (voir la section 3.4). Un séchage au soleil exige de 60 à 80 heures d'ensoleillement ; si cela prend plus de 10 jours, les noix de coco vont pourrir. On les couvre la nuit pour les protéger de la rosée, et lorsqu'il pleut, ou on les fait sécher sous un toit. On retire la chair de la coquille au bout d'environ 2 jours et il faut encore de 3 à 5 jours pour qu'elle finisse de sécher.

Battage

Les méthodes de battage sont plus ou moins les mêmes pour tous les types de graines. Il a lieu lorsque les graines ont presque atteint la teneur en humidité souhaitée. Cela peut être le cas lorsque les plantes sont encore dans les champs ou après un séchage supplémentaire à l'intérieur d'un bâtiment. Les méthodes spécifiques de battage sont rares voire inexistantes. Il suffit d'utiliser la méthode locale habituelle avec le plus de précautions possibles, pour éviter de briser les graines.

Les légumes secs sont particulièrement fragiles. C'est à ce moment qu'on note l'intérêt de récolter un peu trop tôt, car les graines dont la teneur en humidité est légèrement trop élevée sont plus faciles à manipuler. Mais en cas d'excès d'humidité, la manipulation provoque

souvent des dégâts internes. Le séchage additionnel doit se faire après le battage, mais avant le vannage et le nettoyage.

Si les cultures sèchent dans les champs, retirez les plantes en andains ou en gerbes du champ tôt le matin, alors qu'il y a un peu de rosée sur les gousses ou les épis ou d'humidité dans l'air, ce qui limitera l'égrenage spontané. Le battage peut se faire plus tard dans la journée. La méthode la plus simple pour faire sortir les graines consiste à fourrer les gousses dans des sacs que l'on frappe ensuite avec des bâtons. Ne piétinez pas les gousses, ne roulez pas non plus dessus avec un véhicule, cela causerait trop de dégâts.

Les arachides représentent à nouveau une exception : tout d'abord parce qu'il vaut mieux les stocker dans leur gousse jusqu'aux semelles, et ensuite parce que si l'on veut s'en servir comme semences, la seule bonne méthode consiste à les décortiquer à la main.

On applique les mêmes méthodes de battage à toutes les céréales qu'elles soient destinées aux semis ou à la consommation. Si vous disposez d'un espace suffisant et d'équipements de stockage adaptés, vous pourrez très bien conserver le maïs en épi. Si leur quantité n'est pas trop importante, vous lierez les épis en bottes que vous suspendrez à l'intérieur. Mais si la récolte est volumineuse, il faudra construire un crib.

Après le battage, les graines doivent être débarrassées de la terre, des cailloux, des brins de paille et des autres débris de plantes qui les entourent, ainsi que des insectes et des graines de mauvaises herbes. Les petites quantités se nettoient à la main, en les vannant, en les tamisant et /ou en les triant. Si vous avez de grandes quantités de graines, ce travail devra se faire avec une machine. Il en existe de toutes sortes, des plus simples aux plus sophistiquées.

Dans les deux cas, prêtez bien attention aux graines de mauvaises herbes et aux graines cultivées qui n'ont pas l'air saines : elles sont décolorées, cassées, tachées, racornies, malformées ou attaquées par des

insectes. Même si la plupart ont déjà été éliminées lors du vannage ou du tamisage, il est indispensable de faire un contrôle visuel et si nécessaire une dernière sélection à la main avant de stocker les graines.

On bat les arachides, le soja et le sésame lorsque leur teneur en humidité se situe autour de 15%. On peut éventuellement ramasser les gousses à la main, cela réduit le nombre de graines cassées et donc le développement de champignons et la production d'aflatoxine.

3.4 Informations complémentaires sur le séchage et le stockage

Si le temps empêche les cultures de sécher dans les champs, le séchage des graines humides ou en partie séchées se poursuivra à l'intérieur, dans le futur lieu de stockage ou dans un autre bâtiment. Les graines très humides doivent sécher à une température plus basse que les graines plus sèches. C'est parfois plus sûr d'effectuer le séchage en plusieurs étapes.

Il suffit de faire sécher la plupart des graines jusqu'à la teneur en humidité de sécurité pour empêcher tout développement de bactéries ou de champignons. On sèche un peu plus les graines destinées aux semences. Chaque pourcentage d'humidité en dessous de la teneur en humidité de sécurité, double la durée possible de stockage. Le choix de la méthode de séchage se fera en fonction du type de produit, du temps pendant la période de récolte et de l'équipement disponible. L'efficacité du séchage dépend de l'humidité et du mouvement de l'air dans la zone concernée. Les graines séchées à l'air pendant la saison de pluies contiennent encore environ 13% d'humidité, alors que la limite de sécurité pour les semences est de 10% pour les céréales (riz, maïs, sorgho, etc), 8% pour les légumes secs et 6% pour les graines de légumes.

Séchage et stockage dans un bâtiment ventilé

Lorsqu'il pleut de temps en temps, il est trop risqué de continuer à faire sécher les produits dehors. Si l'humidité relative descend en des-

sous de 70% chaque jour pendant une longue période, les cultures sécheront naturellement dans un bâtiment bien ventilé. Lorsque le battage n'a pas encore été effectué, on suspend les plantes au même genre de support que dans les champs, ce qui permet à l'air de circuler autour des graines.

Le crib à maïs de la Figure 6 est un exemple de bâtiment dont la ventilation se fait naturellement et qui convient au stockage et au séchage des épis de maïs dans les climats tropicaux humides et secs.

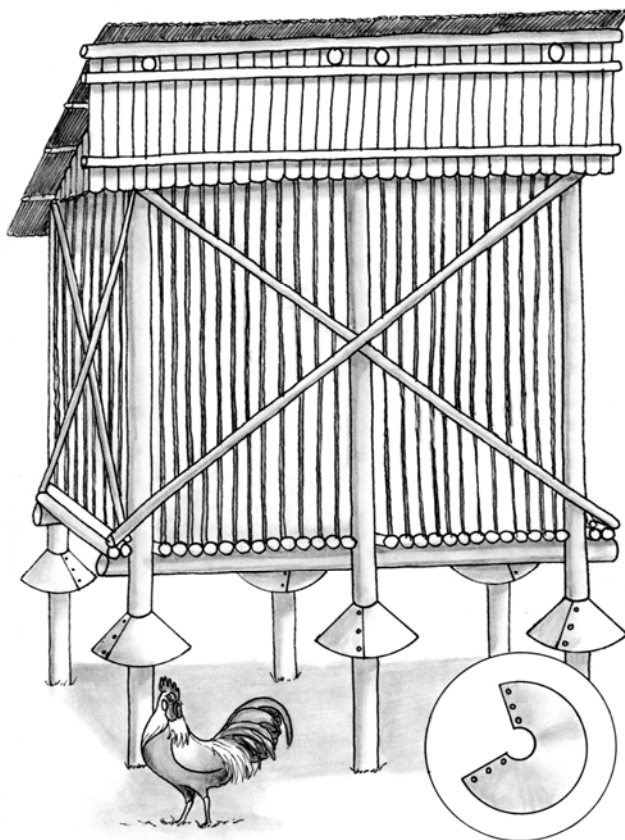


Figure 6 : Crib à maïs en bambou

L'air extérieur a toute liberté de souffler à travers les épis qui ne sont pas entassés trop serrés. L'idéal est de placer le côté le plus long perpendiculairement à la direction du vent dominant. Le crib est construit sur des pieds auxquels on fixe des collerettes qui empêcheront l'intrusion des rongeurs et d'autres prédateurs. On couvre les ouvertures de ventilation avec un filet fin pour protéger les cultures des insectes.

Une fois que les grains ont atteint la teneur en humidité de sécurité, on les décortique, ce qui en réduit le volume. On les met dans des sacs ou des paniers en fibres végétales, qui sont très pratiques pour le stockage. Dans les régions tropicales humides, il est déconseillé de les poser sur le sol, il vaut mieux les surélever sur une plateforme. La Figure 7 donne un exemple de sacs empilés et surélevés. Certains tapissent l'extérieur du panier où se trouvent les graines avec de la boue ou des excréments pour le protéger contre les insectes. Mais cette méthode est à éviter tant que les graines ne sont pas complètement sèches, car elles pourriraient rapidement.

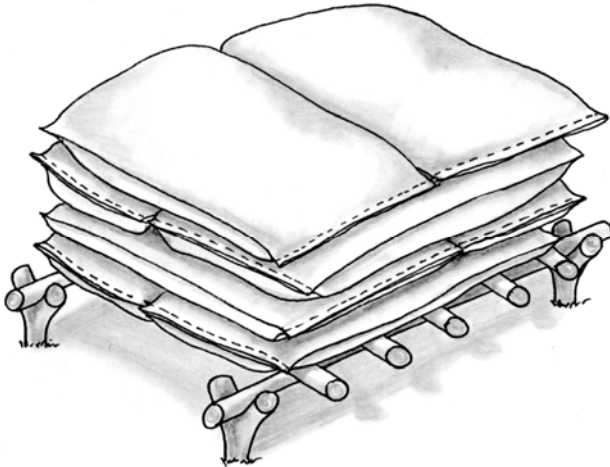


Figure 7 : Pile de sacs sur une palette. On laisse suffisamment d'espace entre les palettes pour assurer une bonne ventilation.

Séchage au-dessus d'un feu

L'air chaud se dirige de lui-même vers le haut. Des graines ou d'autres produits à sécher sont placés sur une plateforme aérée au-dessus d'un feu, de façon à ce que la fumée et l'air chaud passent facilement à travers le produit (Figure 8). Assurez-vous que les futures semences ne soient pas chauffées au-dessus de 40 °C et que les flammes n'arrivent pas trop haut. L'inconvénient, c'est que le produit risque d'avoir un goût fumé. Mais la méthode marche bien et les coûts sont bas.

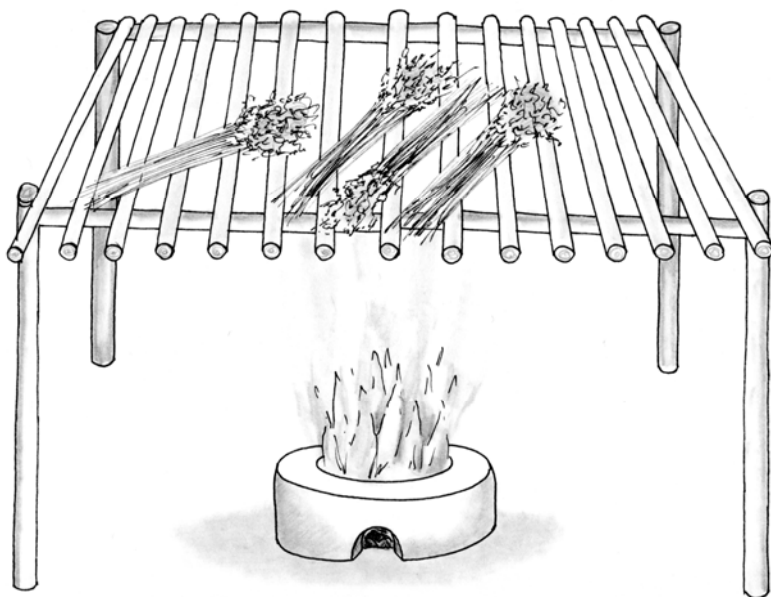


Figure 8 : Séchage sur une plateforme au-dessus d'un feu

Séchoirs de produits agricoles

Il existe une méthode plus rapide et plus fiable de séchage. Elle consiste à mettre de l'air chauffé artificiellement en contact avec les graines à sécher. Ces séchoirs sont aussi utilisés pour d'autres produits agricoles. Ils ont l'avantage d'offrir une protection contre les insectes et les rongeurs. L'inconvénient ce sont les coûts de construction relativement élevés.

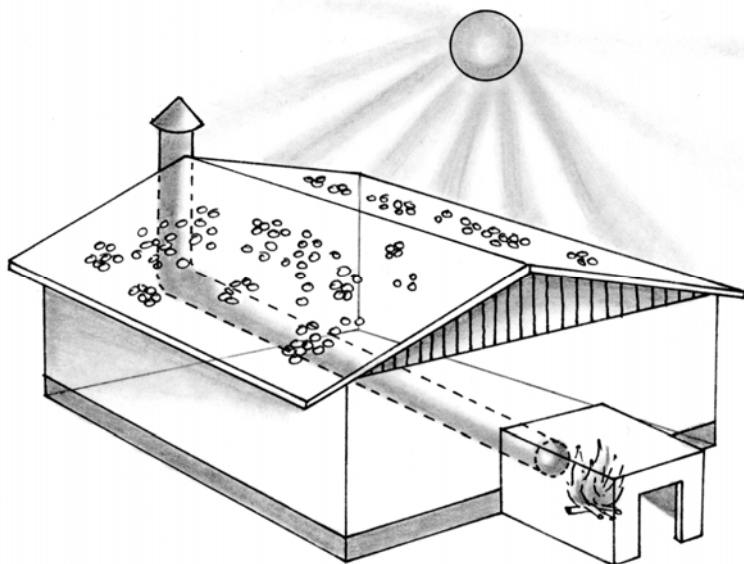


Figure 9 : Séchoir de produits agricoles qui fonctionne à la fois avec un combustible et la chaleur du soleil.

Les séchoirs solaires font sécher les produits plus rapidement que la ventilation naturelle et ne nécessitent aucun combustible. La chaleur est retenue plus efficacement dans ces séchoirs où les graines sont enfermées, que lorsqu'on les étale simplement au soleil. Ils n'exigent pratiquement pas d'entretien et, les matériaux se trouvent quasiment partout, à l'exception peut-être des feuilles de plastique ou des tôles ondulées. Le modèle illustré à la Figure 9 produit également de l'air chaud sous la couche de graines, par combustion de combustibles.

L'air ambiant est chauffé par la chaleur solaire ou par un feu et il s'élève en traversant le produit à sécher qui est étalé en une couche fine sur un grillage soutenu par des rondins. L'épaisseur d'une couche de petites céréales, comme le millet et le sorgho ne doit pas dépasser de 5 à 8 cm, celle du maïs décortiqué et des autres céréales 10 cm, celle des arachides 20 cm, et celle du maïs en épis 30 cm. La fumée ris-

quant de gâter le goût du produit, elle doit être évacuée par une cheminée placée dans le sens du vent prédominant. Le feu est surveillé constamment pour empêcher que les températures ne montent trop haut. Limitez la température de séchage des graines destinées à la consommation à 50 - 55 °C. Ne séchez pas les futures semences dans ce type de séchoir, puisque leur température ne doit pas dépasser 40 °C. Évitez de remuer les graines pendant leur séchage, sauf pour faire baisser la température en cas de surchauffe.

Les séchoirs plus perfectionnés ont un ventilateur qui envoie de l'air chaud aux graines. Ils conviennent au séchage des céréales, des légumes secs et des produits oléagineux. Le ventilateur fonctionne grâce à un moteur diesel ou kérosène. L'air chaud s'obtient avec n'importe quel combustible. La capacité de séchage dépend de la taille du séchoir et de la quantité de produit à faire sécher. Par exemple, le séchoir horizontal de la Figure 10, sèche des lots de 1 000 kg de riz en 5 heures environ.

Les coûts de construction et de combustible risquant d'être trop lourds pour un agriculteur individuel, il est préférable qu'un groupe d'exploitants fasse un investissement collectif et s'en servent ensemble. Le séchoir figurant ci-dessous produit de l'air chaud en brûlant des balles de riz.

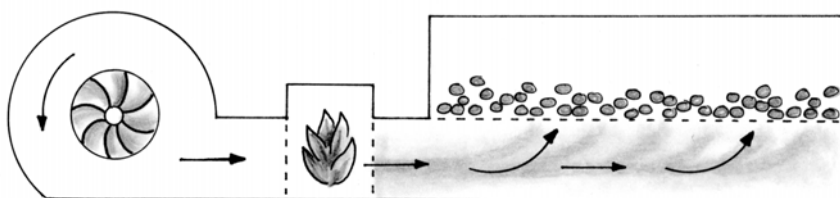


Figure 10 : Coupe transversale d'un séchoir qui envoie de l'air chaud à travers les graines grâce à un ventilateur actionné par un moteur. À gauche : ventilateur ; au milieu : chaudière pour brûler les résidus de culture ou un autre combustible ; à droite : conteneur où se trouvent les graines.

La construction du séchoir exige de la précision et des connaissances techniques. Il n'est pas toujours facile de trouver du combustible, il faudra donc adapter les méthodes de séchage aux circonstances locales : climat, connaissances techniques, disponibilité des combustibles et des matériaux de construction, etc.

Stockage dans des conteneurs hermétiques

Lorsque les graines ont une teneur en humidité trop élevée, il faut les stocker dans un lieu bien ventilé. Mais une fois qu'elles ont atteint la teneur en humidité de sécurité, il est important qu'elles restent sèches. Pour les protéger de l'humidité de l'air pendant la saison des pluies, elles doivent être stockées dans des conteneurs hermétiques : sacs en plastiques, pots en terre, silos en métal ou en pierre ou fosses creusées dans le sol. Les bâtiments ou les conteneurs seront construits sur un sol bien drainé pour éviter tout risque d'inondation.

On peut placer une bougie allumée dans les fosses ou les silos qui resteront clos plusieurs semaines. Une fois que tout sera fermé, la bougie consommera l'oxygène restante et la remplacera par du dioxyde de carbone qui tuera les insectes présents dans les graines.

On pratique couramment une petite ouverture dans les fosses ou les silos pour accéder aux graines de consommation quotidienne. L'avantage des conteneurs hermétiques, c'est qu'ils empêchent aussi l'infestation par les insectes et les rongeurs. L'utilisation d'un dessicatif (produit qui absorbe l'humidité) gardera les graines bien au sec. Des produits locaux bon marché suffiront (du charbon de bois, du riz sec ou de l'argile, par exemple).

Les fosses et les silos sont construits avec des matériaux variés présentant chacun des avantages et des inconvénients.

Le silo de la Figure 11 est composé de morceaux d'une feuille de métal d'1 mm d'épaisseur soudés les uns aux autres. Il a deux ouvertures : une au sommet pour le remplir, une autre près du fond pour le vider. On peut le poser sur des pieds pour éviter que le fond prenne de

l'humidité. Les silos en métal offrent une bonne protection contre les champignons, les insectes et les rongeurs, mais leur construction exige certaines compétences et ils sont relativement chers. Il ne faut jamais placer les silos à l'ombre complète ni en plein soleil.

Les fosses de stockage s'installent partout, à condition qu'il y ait suffisamment de profondeur de sol meuble. Les murs de la fosse sont traditionnellement tapissés d'herbe, de paille, de tiges de maïs ou d'autres plantes et badigeonnés d'argile ou de boues de vache. Les fosses sont recouvertes et fermées hermétiquement avec des plantes.

Si l'enveloppe ou les goussets du maïs, du riz paddy et des légumineuses n'ont pas été abîmés pendant la récolte, il vaut mieux ne pas les enlever avant le stockage des graines, car elles les protègent des insectes.

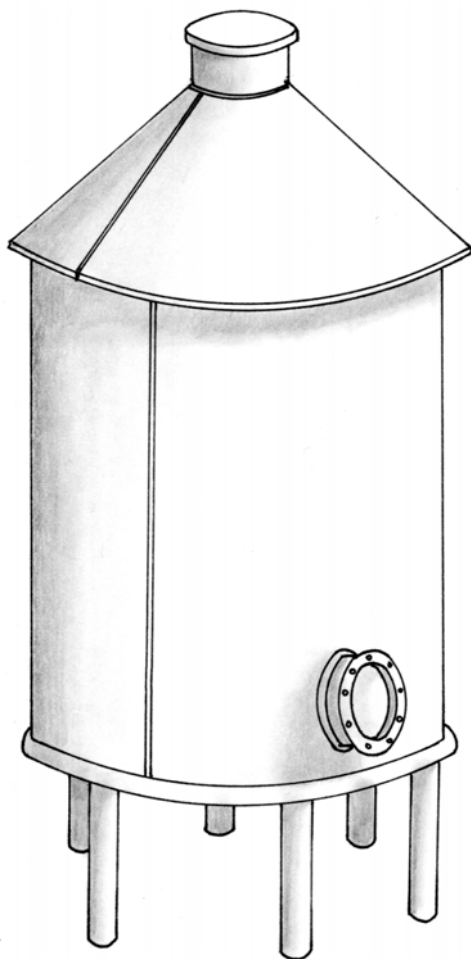


Figure 11 : Silo en métal ; voir le texte pour plus de détails

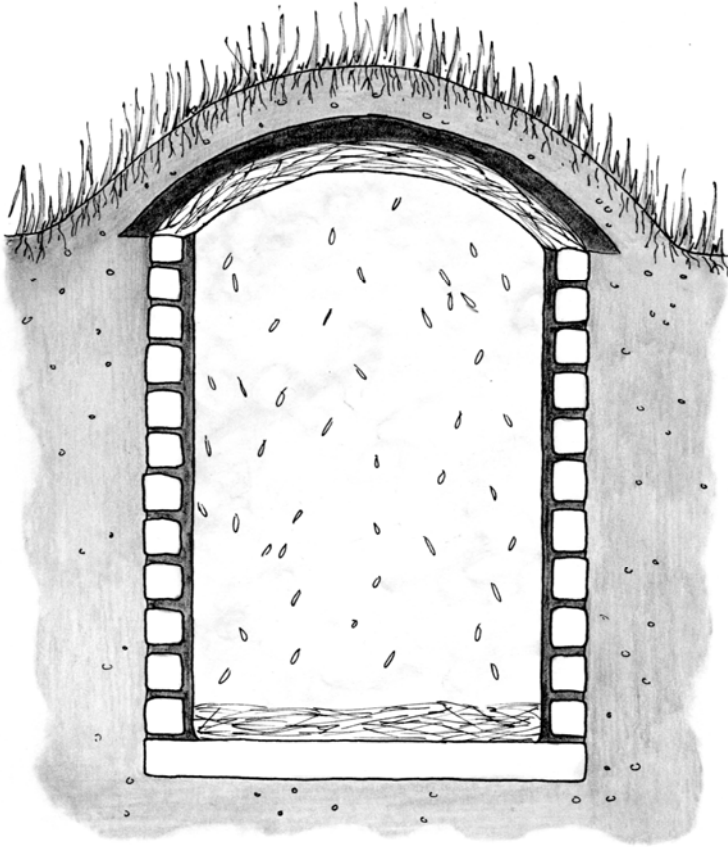


Figure 12 : Fosse souterraine traditionnelle

3.5 Protection supplémentaire contre les insectes

Les insectes que l'on trouve le plus souvent dans les aliments stockés sont les coléoptères et les mites. Les larves de ces deux groupes d'insectes ont la forme d'un ver et sont très différentes de leurs parents (voir Figure 13). Seules les larves des mites abîment directement les graines, mais les larves et les adultes des coléoptères provoquent tous deux des dégâts.



Figure 13 : Deux coléoptères (à gauche et au milieu) et une mite qui se nourrit de grains de céréales. Chaque adulte est représenté à côté de la larve correspondante.

Dans ce manuel, nous insistons sur l'importance de mesures préventives pour combattre les insectes qui attaquent les produits stockés. Nous pensons qu'il est possible d'éviter la plupart des problèmes. Une mauvaise utilisation des pesticides étant à l'origine de nombreux accidents, nous déconseillons vivement de s'en servir lors du stockage des graines, surtout lorsqu'il s'agit de produits alimentaires.

Pour une utilisation en dernier recours, vous trouverez dans le Tableau 1 des informations sur des extraits de plantes aux propriétés insecticides. Mais notez bien que certains de ces extraits, la *Datura* par exemple, sont toxiques pour les êtres humains. Quelques huiles végétales, l'huile de ricin notamment, sont aussi toxiques pour les êtres humains. Dans ce chapitre, nous avons déjà présenté quelques mesures à prendre contre les insectes dans les paragraphes traitant de la construction de bâtiments et de conteneurs de stockage. Les paragraphes suivantes vous présenteront d'autres mesures préventives possibles.

Choix de la variété

Les variétés modernes de maïs à haut rendement ont souvent des enveloppes ouvertes, ce qui facilite l'attaque des insectes et des oiseaux dans les champs. Par contre, certaines variétés traditionnelles ont des enveloppes fermées qui protègent efficacement les cultures contre les insectes. Le même phénomène existe pour d'autres cultures. Lorsqu'il n'y a pas de marché cash dans la région, les agriculteurs sélectionnent souvent les graines en fonction de leurs propriétés de résistance aux ravageurs et aux maladies, et donc à leurs meilleures capacités de

stockage, plutôt que de prendre simplement en compte leur rendement.

Choix du moment de la récolte

Lorsqu'on cultive de nouvelles variétés au rendement élevé, qui mûrissent tôt, le moment de la récolte risque de tomber en plein pendant la période la plus humide de l'année, ce qui créera de nouveaux problèmes de stockage. Certains insectes attendent que les légumes secs et les céréales soient presque secs pour les attaquer dans les champs. Dans ce cas, une récolte faite à temps évitera d'emmagasiner des charançons en même temps que les légumes secs. Ne laissez pas les cultures trop longtemps dans les champs après la récolte, cela augmente les risques d'infestation par des ravageurs.

Séchage

La chaleur utilisée pour sécher les produits participera aussi à l'élimination des larves et chassera les insectes ravageurs adultes.

Triage et nettoyage

Vérifiez si le produit stocké est infecté en prenant des échantillons. Examinez bien les craquelures et les interstices du conteneur ou du bâtiment de stockage où des insectes risquent de se cacher. Si ce produit est infecté, stockez-le à part (en quarantaine) et traitez-le en appliquant une ou plusieurs des mesures mentionnées ci-dessous, pour empêcher que les ravageurs infectent les produits sains. En cas d'infestation grave, débarrassez-vous du produit. Si l'infestation est légère, faites chauffer le produit à plus de 50 °C pour tuer les mites et les charançons. L'élimination des graines ou des épis infestés et des ravageurs se fait manuellement, en tamisant, en vannant ou en brassant les graines. Si vous vous contentez d'ôter les ravageurs du produit stocké, tuez-les pour éviter toute réinfestation.

Lieu de stockage

Placez le conteneur ou bâtiment de stockage loin de toute source potentielle d'infestation et de cultures en croissance. Les mites des céréales et des tubercules volent bien et les adultes provenant de lieux de

stockage infestés s'attaquent souvent aux cultures poussant dans les champs. En éloignant les lieux de stockage des champs, on réduit les risques d'infestation.

Caractéristiques du lieu de stockage

Maintenez la température et l'humidité au niveau le plus bas possible en assurant une bonne ventilation. Évitez les écarts importants de température qui risquent de provoquer de la condensation dans le lieu de stockage. Empêchez la pénétration des ravageurs en fermant hermétiquement les ouvertures (les fenêtres, les portes, l'équipement de ventilation) avec un grillage anti-insectes. Lorsque le taux d'humidité est faible, le stockage en conteneur hermétique fournit une bonne protection contre les ravageurs. Il faut s'assurer que le produit reste bien sec, pour éviter le développement de champignons (c'est-à-dire qu'il ne doit pas y avoir de condensation à l'intérieur du conteneur). C'est un point particulièrement important pour le stockage à long terme dans les zones chaudes et sèches. Mais il est conseillé de ne pas stocker les graines destinées aux semences pendant plus de quelques mois.

On peut stocker une petite quantité de graines dans un récipient bien hermétique muni d'un couvercle bien ajusté (en verre, en céramique ou en plastique renforcé). On couvrira avec soin les pots en céramiques sans couvercles ou on en recouvrira le contenu avec de la suie sèche, des cendres ou de la terre fine et sèche. Dans un environnement où l'humidité relative est élevée, le stockage hermétique est déconseillé, à cause des risques de développement de champignons.

Hygiène du stockage

Assurez-vous toujours de la propreté du lieu de stockage et de ses alentours. Un simple balai est un outil économique et efficace. Il faut préparer le lieu d'entreposage longtemps avant de stocker la nouvelle récolte. On enlève les produits stockés et on nettoie entièrement la pièce. On s'assure que les murs, le toit et le sol sont imperméables et qu'ils n'offrent aucun passage aux rats. On bouche les petits trous et les craquelures dans lesquels les insectes risqueraient de se développer.

Le lieu de stockage idéal doit être aéré, ombragé, frais et sec. Les écarts de température doivent être le plus petits possible, car ils favorisent la condensation qui offre un milieu favorable au développement de champignons. Le bâtiment doit être bien aéré et si possible fumigé (voir le paragraphe fumigation du lieu de stockage).

Inspection du lieu de stockage

Il est de toute importance d'effectuer une inspection périodique (d'une fois par semaine à tous les quinze jours) et d'enlever tout produit infecté. Vérifiez s'il y a des excréments et des empreintes d'oiseaux et de rongeurs. Regardez si vous voyez voler des mites à la nuit tombante. Passez un bâton ou un balai sur les tas de sacs pour déranger les mites au repos et les repérer. Soulevez les sacs pour déceler les cocons de mites aux zones de contact des sacs. Examinez bien les craquelures, les coutures et les coins des sacs, qui servent souvent de cachette aux coléoptères. Videz quelques sacs à tour de rôle sur une bâche en une couche fine pour examiner si leur contenu abrite des coléoptères ou des larves. Effectuez cette opération à l'ombre pour que les insectes ne s'envolent pas immédiatement. Vous pouvez aussi les éliminer en passant les graines sur un tamis dont la maille est de 1-2 mm. Repérez de quels insectes il s'agit pour trouver le traitement qui convient.

Ce genre d'inspection devrait empêcher la reproduction ou la transmission des insectes des récoltes précédentes. Les alentours doivent aussi être dégagés pour ne pas favoriser une réinfestation d'insectes et de rongeurs.

La contamination par des champignons se repère à l'odeur de moisi que l'on remarque avant toute altération visuelle du produit. Méfiez-vous des traces d'eau sur les sacs, c'est le signe que leur contenu a probablement été mouillé. Même si les sacs ont séché, le produit risque d'être moisi.

Fumigation du lieu de stockage

Des agriculteurs des Philippines et du Bénin allument une fois par mois des feux dans lesquels ils brûlent du piment en poudre, sous les lieux de stockage de graines, pour chasser les ravageurs. L'inconvénient c'est que la fumée est très désagréable pour les yeux et le système respiratoire des êtres humains.

Désinfection du lieu de stockage

Une fois qu'on a nettoyé complètement le lieu de stockage et enlevé toutes les vieilles couches de poussières (qui risquent de contenir des œufs d'insectes), il est recommandé de tout saupoudrer de terre diatomée, de chaux ou de cendre, à titre préventif. Si le bois de construction a été attaqué par le grand capucin des céréales, il faut le traiter avec un protecteur du bois agréé ou le vaporiser minutieusement avec du pétrole ou de l'huile pour se débarrasser des insectes survivants.

Méthodes physiques et biologiques

Des substances minérales comme le sable fin, la poudre d'argile, la chaux et la cendre de bois mélangées aux graines attaquent les ravageurs de façon invisible et finissent par les déshydrater. Elles remplissent aussi les interstices entre les graines, de sorte que les ravageurs ont du mal à se déplacer et à respirer. On ajoute de 50 à 100 g de ces substances par kg de produit stocké, sauf pour le sable qu'on verse en plus grandes quantités.

Cendre de bois – La cendre de bois mélangée aux graines, seule ou en y ajoutant du piment en poudre, est une méthode efficace de lutte contre les ravageurs. Mais cela n'élimine pas le grand capucin des céréales et la cendre risque de donner un goût à la récolte. Le succès de cette technique dépend de la quantité de cendre utilisée. On considère qu'un ajout de 2 à 4 % du poids des céréales en cendre assure une protection de 4 à 6 mois si la teneur en humidité est inférieure à 11%. La cendre de casuarina, de derris, de manguier et de tamarin convient particulièrement bien. Toute autre cendre mélangée à du pyrèthre en poudre, ou à des graines de rose d'Inde (*Tagetes erecta*) ou de lilas (*syringa*) augmentera la protection contre les insectes.

Chaux

Le mélange de graines avec 0,3% de chaux (oxyde de calcium) a donné de bons résultats dans la lutte contre les charançons.

Sable

Dans les zones où l'on trouve facilement du sable fin, on peut s'en servir pour protéger les produits stockés, surtout les plus grandes graines, parce que sa fonction est de remplir les interstices. On enlève ensuite facilement le sable avec un tamis. Plus on ajoute de sable et mieux c'est, mais sa quantité doit être au moins égale à celle des graines.

Diatomite

La terre à diatomées (TD) est extraite dans plusieurs pays africains et on la trouve à un prix très raisonnable. La TD est constituée de minuscules fossiles de diatomées dont les squelettes sont composés essentiellement de silice et forment les dépôts de diatomite. La TD est un insecticide très efficace et non toxique. Cette poudre est à même d'absorber une grande quantité d'eau et elle tue les insectes en les desséchant. Des agriculteurs biologiques d'Afrique du Sud l'utilisent depuis des années pour lutter contre toutes sortes d'insectes. Une petite quantité (75 g de TD par sac de 25 kg de céréales) suffit à éliminer les charançons et les autres insectes.

BT – Bacillus thuringiensis

Le *Bacillus thuringiensis* est une bactérie agissant contre les insectes. En poudre, mélangée à du sable fin, elle lutte efficacement contre la mite des tubercules de pommes de terre. On l'utilise aussi contre la mite des céréales.

Huiles végétales

Les huiles de noix de coco, de ricin, de graine de coton, d'arachide, de maïs, de moutarde, de carthame, de margousier et de soja perturbent la ponte et le développement des œufs et des larves des ravageurs. Soyez prudent avec l'huile de ricin qui est très toxique. Certaines huiles risquent de rancir pendant le stockage et de gâter la récolte. L'ajout

d'huile est surtout utile pour protéger les légumineuses contre les coléoptères (Bruchides). On évitera les pertes de graines de légumineuses en ajoutant 5 ml d'huile par kg de graines. Pour que le traitement soit efficace, il faut que les graines soient entièrement enrobées d'huile.

L'huile de tournesol n'est pas très efficace. L'effet du traitement à l'huile diminue progressivement et les graines stockées doivent être à nouveau traitées au moindre signe d'infestation. Les petites graines risquent de perdre une partie de leur capacité de germination après le traitement à l'huile. En cas d'utilisation d'huile de graine de margousier ou d'une autre huile non alimentaire, on enlève le goût amer en plongeant les graines dans de l'eau chaude pendant quelques minutes avant de les préparer pour la consommation.

Mélange de parties de plantes

Traditionnellement, on utilise de nombreuses parties de plantes pour protéger les stocks des ravageurs.

Tableau 1 : Exemples de plantes qui permettront de protéger les graines stockées

Nom de la plante	Partie de la plante	Traitement
Aloès (<i>Aloe vera</i>)	Plante entière	Plantes séchées et moulues ; la poudre est mélangée aux graines
Piment (esp. <i>Capsicum</i>)	Gousses mûres et sèches	Les gousses sont moulues et mélangées avec les céréales ou saupoudrées sur les haricots
Pyrèthre (<i>Chrysanthemum cinerariifolium</i> et <i>C. coccineum</i>)	Têtes de la fleur	Ramasser pendant des journées chaudes. Faire sécher à l'ombre. Réduire en poudre et mélanger aux graines.
Chanvre du Bengale (<i>Crotalaria juncea</i>)	Graines	Ajouter des graines de chanvre du Bengale pour remplir les interstices entre les graines de grande dimension
Datura stramoine (<i>Datura stramonium</i>)	Feuilles et tiges (attention, les graines sont très toxiques)	Faire sécher et mélanger avec le produit

Nom de la plante	Partie de la plante	Traitement
Derris (esp. <i>Derris</i>)	Toutes les parties	Saupoudrer ou vaporiser sur le produit
Eucalyptus (esp. <i>Eucalyptus</i>)	Feuilles	Disposer en couches ou mélanger avec le produit
Lantana (esp. <i>Lantana</i>)	Feuilles	Écraser et placer parmi les graines
Lilas de Perse (<i>Melia Azedarach</i>)	Feuilles, graines mûres	Sécher et réduire en poudre. Mélanger aux céréales à raison de 2% si la poudre provient des graines et 4% si elle provient des feuilles.
Estragon du Mexique (<i>Tagetes lucida</i>)	Plante entière	Ajouter les plantes sèches en couches ou mélanger la plante réduite en poudre ou déposer une couche de 3-5 cm de plantes concassées au fond des corbeilles de céréales
Menthe verte (<i>Mentha spicata</i>)	Plante entière	4% de poudre de feuilles assurera une bonne protection pendant plus de 4 mois
Margousier (<i>Azadirachta indica</i>)	Feuilles, graines concassées et leurs extraits et huiles	-

Les dosages nécessaires se situent habituellement autour de 50 g par kg de produit stocké.

L'addition de cendre, de sable fin, de chaux, de terre à diatomées et d'huiles minérales ou végétales se révèle particulièrement utile pour la protection d'une petite zone de stockage ou pour le stockage d'une petite quantité de futures semences. Mais ce traitement n'est pas toujours réalisable pour de grandes quantités, vu la main d'œuvre requise. Lorsqu'on veut protéger de grandes quantités de grains et de graines, il est souvent plus pratique de les mélanger simplement avec n'importe quelle plante disponible à l'odeur forte, pour repousser les insectes. Des plantes comme le pyrèthre et le derris tuent vraiment les insectes.

3.6 Protection supplémentaire contre les rats et les souris

Les rongeurs le plus souvent présents dans les bâtiments et aux alentours sont le rat noir, le rat brun et la souris grise (Figure 18). Ils mangent à peu près la même nourriture que l'être humain.



Figure 14 : Les trois rongeurs les plus courants : souris grise (en haut), rat brun (au milieu) et rat noir (en bas)

La prévention la plus efficace consiste à empêcher les rongeurs de s'approcher des aliments stockés. Avant tout, les entrepôts doivent être construits de sorte que les rongeurs ne puissent pas y pénétrer. Ensuite, il faut souvent balayer la superficie du lieu de stockage ainsi que les environs pour qu'ils restent propres.

Si des rongeurs ont pénétré dans l'entrepôt, la méthode la plus économique et efficace pour les éliminer consiste souvent à placer de simples pièges. Les pièges à souris (Figure 15) sont parmi les plus efficaces pour les rats comme pour les souris.

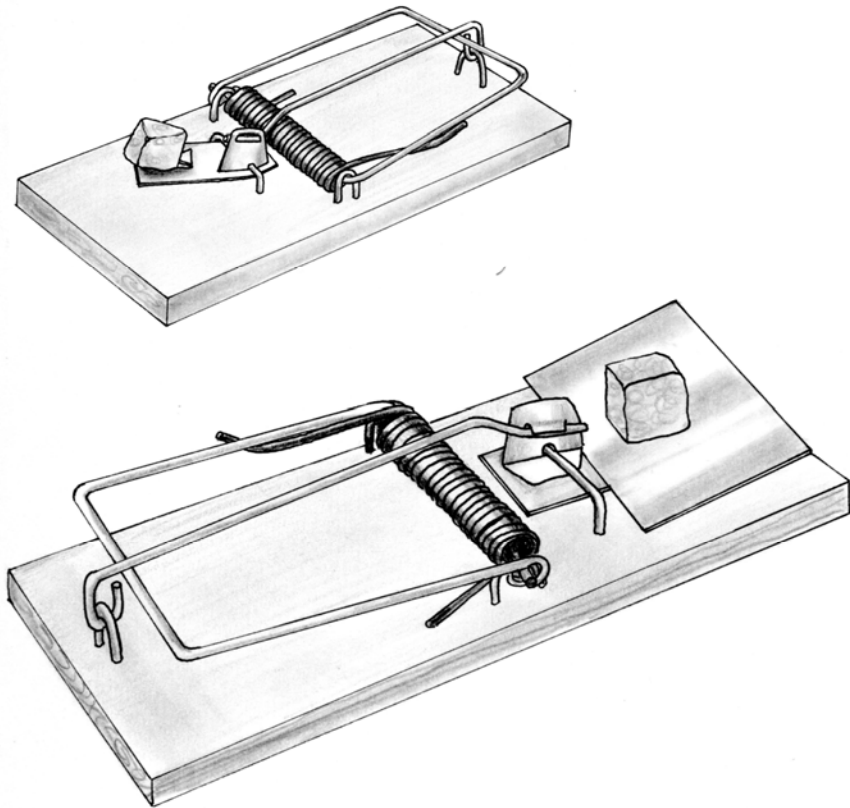


Figure 15 : Tapettes en deux tailles différentes pour les souris et les rats

Placez des pièges près des murs, derrière les objets, dans les coins sombres et partout où vous décelez la présence de rongeurs. Posez-les de sorte que les animaux passeront directement sur le déclencheur lors de leur parcours naturel (généralement près des murs). Réglez le déclencheur de sorte qu'il soit sensible et saute facilement. Le piège est plus efficace lorsqu'on élargit le déclencheur. Le grand avantage des pièges, c'est qu'on peut continuer à s'en servir indéfiniment.

Dans certains cas, on peut tuer les rats manuellement avec un gros bâton ou un autre instrument.

Certains chiens et chats attrapent et tuent les rats mais c'est rarement suffisant pour les éliminer totalement. Les rats trouvent partout un tas d'endroits pour se cacher et élever leurs petits à l'abri des prédateurs. Même si les chats n'arrivent pas à faire disparaître tous les rats présents, ils arrivent parfois à éviter une réinfestation, une fois qu'on a maîtrisé le nombre des rongeurs. Les chats de ferme rempliront souvent cette fonction, à condition d'être assez nombreux et de recevoir des aliments complémentaires.

Ce n'est qu'en dernier ressort que vous pourrez envisager d'utiliser du poison, car malheureusement ceux qui sont efficaces contre les rongeurs sont aussi extrêmement dangereux pour les êtres humains, les animaux domestiques et les animaux sauvages. De plus, les rongeurs se sont habitués à de nombreux poisons. Demandez à votre agent de vulgarisation quels poisons sont encore efficaces et disponibles dans votre région. La plupart s'utilisent sous forme d'appâts. Employez-les uniquement à l'intérieur des bâtiments, dehors, ils sont trop dangereux pour les animaux sauvages, y compris les prédateurs des souris et des rats. Gardez-les hors de portée des enfants et des animaux domestiques en utilisant des boîtes d'appâts ou un autre type de protection.

4 Stockage des racines, des tubercules et des bulbes

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons traiter des plantes à racines, à tubercules et à bulbes qui sont utilisées le plus couramment comme aliments de base et que l'on doit stocker pendant plusieurs mois pour qu'elles restent disponibles tout le long de l'année. Ce manuel s'intéresse particulièrement au manioc, à la patate douce, à la pomme de terre et à l'igname. Pour des raisons pratiques, nous y ajouterons des bulbes comme l'oignon, parce qu'ils sont généralement stockés pendant plusieurs mois dans des conditions similaires.

Le stockage des tubercules et des oignons est soumis à certaines conditions du fait de leur teneur élevée en humidité (de 60 à 80% quand ils sont frais) qu'ils doivent garder lorsqu'ils sont stockés. Ils perdraient leur structure si on les faisaient sécher comme des graines.

4.2 Difficultés du stockage des racines et des tubercules

Le stockage des racines, des tubercules et des bulbes présente des difficultés particulières. Il faut à la fois éviter le dessèchement (ou la « dessiccation ») et l'excès d'humidité qui risque de faire pourrir les racines et les tubercules. La respiration des tubercules vivants reste assez intensive et elle augmente en même temps que la température. Lorsqu'on stocke des tubercules dont la température est élevée dans un conteneur hermétique, le tissu végétal meurt par manque d'oxygène. Ainsi, le cœur des pommes de terre noircit. Il faut donc améliorer la ventilation lorsque la température du produit augmente.

Au cours du stockage, les racines, tubercules et bulbes subissent des modifications chimiques qui risquent de leur faire perdre leur fermeté et d'altérer leur goût. Les tubercules de la plupart des espèces connais-

sent une période de repos végétatif (dormance) avant la germination. Cette période varie selon la variété et la température de stockage des tubercules. Les ignames peuvent être stockés pendant environ quatre mois, à une température normale, sans germer, mais les pommes de terre commencent à germer au bout de cinq semaines à 15°C. De plus, les tubercules subissent souvent les attaques des rongeurs pendant leur stockage.

La qualité des tubercules non réfrigérés varie selon l'espèce : l'igname conserve sa qualité plus longtemps que le chou caraïbe et la patate douce, tandis que le manioc se détériore plus rapidement. Plus la température sera basse, moins les produits présenteront des signes de dessiccation, de pourriture, de manque d'oxygène et de germination, à condition que la température ne tombe pas en dessous de zéro. Autrement dit, plus la température est basse pendant le stockage, mieux c'est.

Mais dans la pratique, c'est rarement réalisable car les équipements de réfrigération sont difficiles à se procurer ou ils sont très chers. On s'en sert rarement pour de grandes quantités de produits. La meilleure alternative est donc de maintenir le lieu de stockage le plus frais possible et de bien le ventiler. Lorsqu'on a la possibilité de régler la ventilation, grâce à un ventilateur ou à des bouches d'aération réglables (dans une grange), il vaut mieux ventiler lorsqu'il fait moins chaud (la nuit) et bien fermer le bâtiment pendant la chaleur pour y garder l'air frais. Mais pour pouvoir régler ainsi la température, il faut que les murs du lieu de stockage soient épais. Lorsque la ventilation se fait naturellement, dans des huttes par exemple, il est très difficile, voire impossible de régler la température.

Plus la température est basse (ce qui dépend entre autres de la saison et de l'altitude), moins on a besoin de ventiler, mais plus les risques de pourrissement et d'échauffement interne sont élevés. Les ignames, les patates douces et le manioc s'abîment lorsque la température est inférieure à 12°C.

4.3 Activités à effectuer dans les champs

La récolte en fonction des besoins

Certaines variétés d'igname, de patate douce et surtout de manioc peuvent rester dans le sol pendant la saison sèche, sans être récoltées. Leur qualité reste acceptable bien que les tubercules deviennent souvent plus fibreux.

Cette méthode a l'air très intéressante, mais elle a plusieurs inconvénients :

- La terre est occupée plus longtemps, ce qui empêche toute autre culture pendant cette période.
- Les tubercules ne sont pas récoltés au moment idéal.
- Les tubercules ne sont pas protégés contre les termites, les rats, les singes, les voleurs, etc.

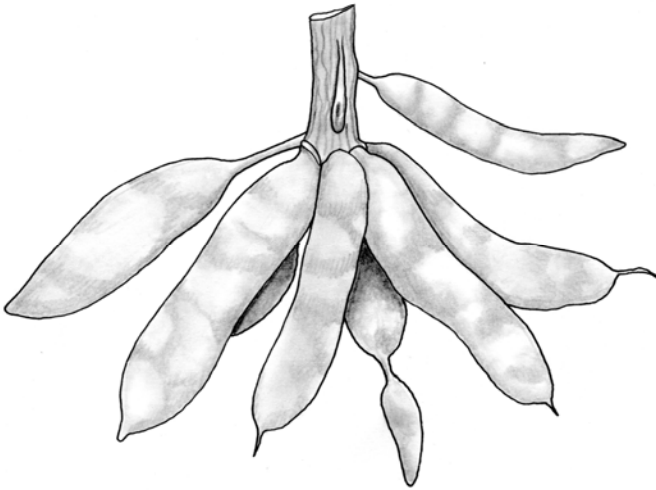


Figure 16 : Racines de manioc. On laisse souvent le manioc dans le sol jusqu'à sa consommation.

Les variétés de manioc à saison courte sont mûres au bout de 6 mois après leur plantation. Elles ne peuvent pas rester dans le sol pendant

plus de 9 à 11 mois sans subir de graves détériorations. Les variétés à saison longue mettent au moins un an à mûrir et peuvent rester dans le sol pendant 3 à 4 ans sans être très abîmées. Malheureusement, les maniocs doux au goût le plus agréable appartiennent souvent au premier groupe et la variété amère au second. Le mieux est de laisser les tubercules de manioc dans le sol et de les récolter en fonction des besoins de l'alimentation humaine ou animale.

Taille avant récolte

La durée de conservation des racines de manioc est prolongée de façon considérable lorsqu'on taille la plante avant la récolte. De 1 à 4 semaines avant la récolte, on enlève toutes les feuilles et on laisse une tige d'environ 20 cm dans le sol. En laissant une partie de la tige encore attachée aux racines, on diminue les risques de pourrissement. On récolte généralement les tubercules d'igname en une seule fois et on les stocke. La qualité restera sensiblement la même si on les laisse dans le sol pendant la saison sèche.

Prévention des dommages

Le processus de pourrissement se déclenche à la suite de blessures infligées pendant la récolte et le transport. C'est la raison pour laquelle la récolte doit se faire avec le plus de précautions possible, en utilisant de préférence des outils en bois. Lorsque les cultures sont plantées en rangées et en billons, on soulève les racines et les tubercules, si la distance que les sépare n'est pas trop importante. L'outil utilisé doit passer facilement dessous. Souvent, plus de 50% des tubercules sont endommagés lors de la récolte, mais seulement 5% des petits. Il faut consommer immédiatement les tubercules abîmés ou bien leur appliquer un traitement spécial : en frottant les parties endommagées avec des cendres, de la chaux ou des noix de cola mâchées et en les laissant sécher ensuite au soleil pendant 1 ou 2 jours, on guérit les plaies et les risques de pourrissement diminuent nettement.

La subérisation des racines et des tubercules

Pour empêcher que les tubercules s'abîment davantage pendant le stockage, on leur applique un traitement spécial, la « subérisation ».

On les entrepose pendant plusieurs jours dans des conditions ambiantes très chaudes (25 – 35 °C) et très humides (85 – 95% d’humidité relative). Pendant ce temps, une couche de liège de quelques cellules d’épaisseur se forme autour des tubercules. Cette couche réduit le processus de dessiccation et empêche la contamination par des bactéries et des champignons. L’effet de la subérification est plus rapide en plein soleil, mais il vaut mieux protéger les tubercules avec de grandes feuilles, sinon l’humidité relative qui les entoure diminuerait rapidement et la forte chaleur à laquelle ils seraient exposés déclencherait des processus qui réduiraient leur qualité de conservation.

On applique la technique de la subérification aux racines de manioc de 4 à 7 jours à une température de 30 à 35 °C et avec une humidité relative de 80 à 95 °C. On traite les blessures et on les laisse sécher. Les patates douces sont traitées de 5 à 7 jours à une température d’environ 30 °C et avec une humidité relative de 85 à 90%. On peut laisser les tubercules dans les champs en petits tas que l’on couvre la nuit de paille ou de sacs en jute si la température descend en dessous de 25 °C. L’igname est traité pendant 4 jours de 29 à 32 °C et avec une humidité relative de 90 à 95%.

Ce traitement est uniquement efficace pour les blessures profondes telles que celles provoquées par une coupure au couteau. La subérification ne cicatrise pas les tubercules abîmés aux blessures superficielles ; ils ne se conservent que si les parties éraflées ont été retirées avant le traitement. On traite les pommes de terre de 5 à 8 jours à des températures bien plus basses (de 8 à 20 °C) avec une humidité relative d’environ 90%. On empêche la formation de condensation d’eau sur les tubercules en s’assurant que les fluctuations de température restent faibles.

La subérification des bulbes

Les bulbes sont traités dans un environnement chaud et bien ventilé. Contrairement à celui des pommes de terre, la subérification des tubercules se fait de préférence avec une humidité faible. Cela fait sécher le col et les deux ou trois couches extérieures de la pelure du bul-

be. La couche la plus extérieure qui risque d'avoir été contaminée par la terre, tombe généralement facilement au moment du traitement, ce qui fait apparaître la sous-couche sèche, d'un aspect plus appétissant.

La subérfication est considérée comme terminée lorsque le col des oignons est serré et que les pelures extérieures sont bien sèches. Les oignons doivent avoir perdu de 3 à 5% de leur poids pour atteindre cet état. Lorsqu'il n'est pas possible de traiter ainsi les oignons dans le champ, on les ramasse sur des plateaux que l'on empile à un endroit chaud, couvert et bien ventilé. La subérfication effectuée à l'ombre améliore la couleur du bulbe et réduit sensiblement les pertes pendant le stockage. Dans les climats frais et humides, on stocke les oignons en vrac dans des pièces ventilées. On les fait sécher en soufflant de l'air à 30° à travers le tas. On peut aussi les traiter en attachant les extrémités des bulbes en bottes et en les suspendant à un bâton horizontal dans un hangar bien ventilé.

Puis on trie les bulbes avant de les stocker. On élimine les bulbes au col épais, ceux qui ont des blessures ou qui sont pourris. On les trie parfois à nouveau après le stockage, pour en obtenir un meilleur prix sur le marché. On enlève généralement les pelures extérieures sèches pendant le tri, pour donner une meilleure apparence aux oignons. Un tri bien mené réduit les pertes pendant le stockage.

4.4 Stockage des racines, des tubercules et des bulbes

Les deux méthodes de stockage des racines, des tubercules et des bulbes les plus courantes sont les silos dans les champs et les huttes ventilées.

Stockage dans des silos en plein champ

Le manioc et la patate douce sont souvent stockés après une subérfication dans des silos en plein champ (Figure 17).

En fonction des conditions locales et du type de racine, la durée du stockage est de 2 à 9 mois. La structure de base de ces silos est la suivante : on place une couche circulaire de paille ou d'un autre matériau (de l'herbe sèche ou des feuilles de canne à sucre par ex.) sur un sol bien drainé. Une fois tassée, cette couche fait environ 1,5 m de diamètre et 15 cm d'épaisseur. On y empile les tubercules fraîchement ramassés en un tas conique de 300 à 500 kg. Puis on dépose sur le tas une couche similaire de paille et on recouvre le tout de 15 cm de terre. On creuse ensuite un fossé autour du silo pour assurer le drainage.

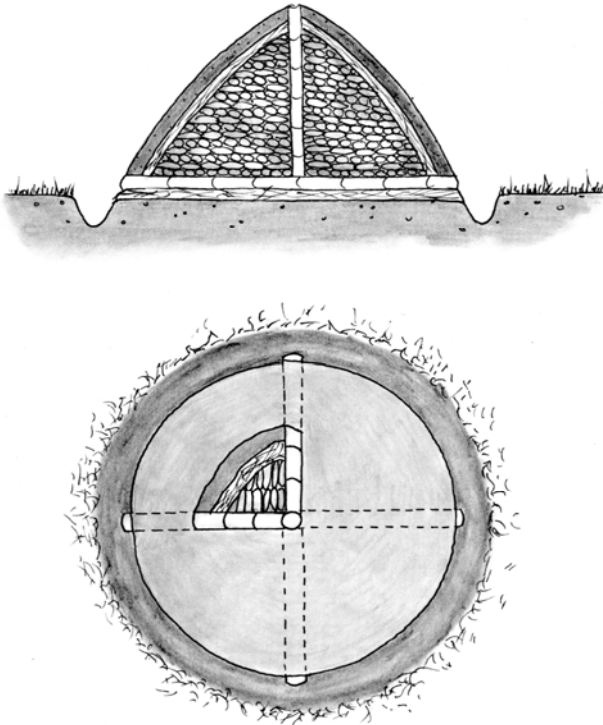


Figure 17 : Deux coupes transversales d'un silo de stockage de racines

Ce type de silo est satisfaisant dans les périodes froides et humides. On construit parfois un abri en chaume autour du silo, ou on le place sous un arbre pour éviter une trop grande exposition au soleil ou le protéger des pluies violentes. Dans des conditions climatiques chaudes et sèches, on doit veiller à ce que la température à l'intérieur du silo ne dépasse pas 40 °C, car les tubercules s'abîment rapidement à des températures plus élevées.

Pour adapter le silo à ces conditions, on y apporte les modifications suivantes :

- on le recouvre d'une couche plus épaisse de terre pour réduire sa température interne
- on ménage des tuyaux d'aération au centre et à la base du silo pour favoriser le passage de l'air à l'intérieur du silo. Ces tuyaux sont fabriqués à partir de matériaux disponibles localement : paille, bambou creux, descentes de gouttières ou bois (Figure 18). Lorsqu'on utilise des tuyaux d'aération à la base, il faut prendre des précautions pour éviter que les souris et les rats pénètrent dans le silo, en recouvrant par exemple les ouvertures avec un grillage.

Dans des conditions climatiques très humides, il faut prendre des précautions pour éviter que les racines se mouillent pendant leur récolte et leur manutention ainsi que dans le silo, car une fois humides, elles se détériorent rapidement. Des pluies légères et fréquentes sont plutôt favorables, car l'humidification de la terre fait baisser la température interne des silos. On peut donc envisager d'humidifier la couverture de terre pendant les périodes chaudes et sèches. Lorsqu'on veut stocker plus de 500 kg de produit en une seule journée, il est conseillé de former plusieurs silos circulaires ou une seule structure allongée pour assurer un meilleur contrôle de la température interne. Cela réduira également le risque de pourriture et donc de perte de tout le stock.

Il est préférable avant tout de faire des essais pendant la saison de stockage, en utilisant des matériaux disponibles localement, afin de déterminer la structure et l'emplacement des silos qui conviennent le mieux.

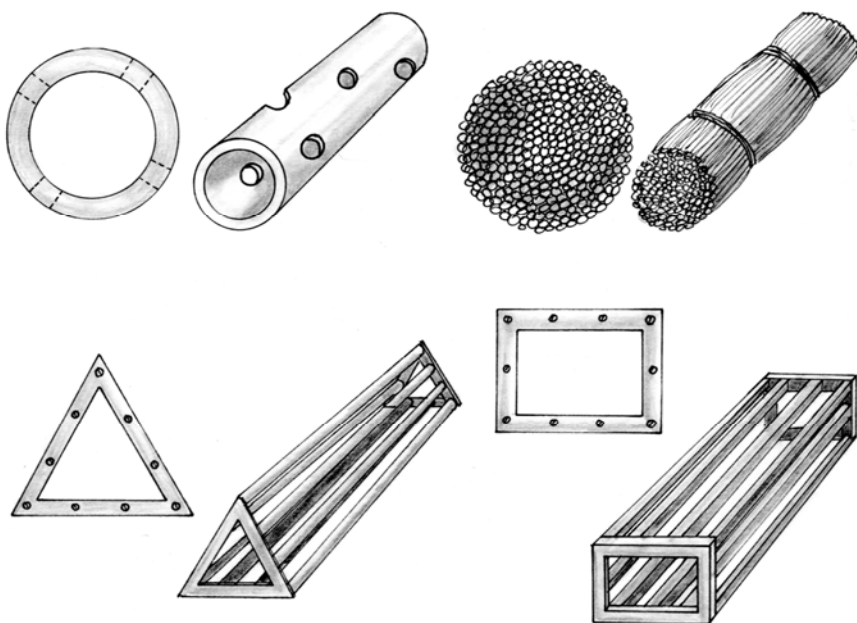


Figure 18 : Méthodes de construction de systèmes de ventilation destinés à des silos en plein champ. Rangée du haut, à partir de la gauche : tube creux muni de trous latéraux, botte de paille ; rangée du bas, à partir de la gauche : structure triangulaire de bois ou de bambou, structure rectangulaire.

Pour le stockage du manioc en silo, les meilleurs résultats sont obtenus en alternant les couches avec des feuilles de manioc et/ou en remplaçant la couverture de paille par des feuilles de manioc et plus tard par des feuilles de noix de coco.

Stockage dans des huttes ventilées

Les huttes ventilées offrent une protection contre les rongeurs, le soleil, la pluie et les eaux souterraines. La ventilation empêche aussi la croissance de champignons et le pourrissement. On construit les huttes avec des matériaux disponibles localement : bambou, planches en bois, nattes tissées dans un cadre en bois, etc. Pour empêcher les rats et les termites d'y pénétrer, on pose les huttes sur des poteaux d'au

moins 75 cm de haut et munis de collerettes anti-rongeurs. Si elles sont construites sur le sol, il faut boucher tous les trous et les fissures avec du grillage. Les planches des huttes en bois doivent se chevaucher comme les tuiles d'un toit, en laissant un espace entre elles, de façon à empêcher le soleil de pénétrer tout en assurant une ventilation. Le toit doit surplomber la hutte pour la protéger contre le soleil et la pluie. À l'intérieur, les tubercules sont empilés dans des caisses ou sur des étagères ou des râteliers le long des murs de sorte que l'air puisse circuler librement entre eux. Il est indispensable de contrôler régulièrement les produits pour s'assurer qu'ils ne pourrissent pas.

4.5 Mesures spécifiques pour augmenter la durée de conservation

Manioc

Les racines de manioc fraîchement récoltées se détériorent rapidement : le processus commence 1 à 7 jours après la récolte. Des techniques simples suffisent à conserver les tubercules quelques jours de plus : on les enfouit à nouveau dans la terre, on les met dans de l'eau, on les enduit de boue, ou on les empile et on les arrose quotidiennement.

Dans les silos en plein champ, on prolonge encore leur durée de conservation en alternant des couches de manioc avec des couches de sable ou de feuilles de manioc de 3 à 5 cm d'épaisseur. Dans les huttes ventilées, les tubercules de manioc fraîchement récoltés sont emballés dans de la sciure humide et posés dans des caisses en bois. Si l'on ne dispose pas de sciure, utiliser de la poudre de fibre de coco ou de la tourbe. Les enveloppes de riz ne conviennent pas. La teneur en humidité de la sciure d'emballage doit avoisiner 50% ; cela permet de maintenir une humidité relative élevée favorisant la subérisation et évite une perte excessive d'humidité sans humidifier les racines, ce qui provoquerait leur pourrissement. Les tubercules gardent une bonne qualité après un stockage de 1 à 2 mois. Les feuilles de manioc sont souvent un meilleur moyen de conservation que la sciure humide : alterner des couches de tubercules et de feuilles (de 3 à 5 cm d'épais-

seur) dans une caisse en bois ou un panier de bambou. Tout délai entre la récolte et l'emballage, entraîne une baisse de qualité.

Une autre méthode permettant de prolonger considérablement la durée de conservation consiste à transformer les racines fraîchement récoltées en divers produits séchés. Les tubercules coupés en tranches et séchés au soleil, blanchis ou non (ce qui augmente la qualité de conservation), peuvent être stockés pendant plusieurs mois.

Igname

La production de l'igname, contrairement à celle du manioc, est très saisonnière, si bien que les tubercules doivent être stockés pendant plusieurs mois. La fin de la période de dormance (lorsque la germination commence) est l'obstacle principal à un stockage à long terme. L'enlèvement des jeunes pousses prolonge la durée du stockage. Les conditions de stockage optimales des tubercules d'igname subérifiés se situent autour de 16 °C, avec une humidité relative de 70%. À cette température, on peut les stocker pendant 3 à 4 mois. Les tubercules non subérifiés doivent être entreposés à une humidité relativement basse. En dessous de 12 °C, ils souffrent du froid.

Après subérification, les tubercules sont stockés dans des huttes ventilées, en tas sur le sol, dans des caisses, sur des étagères ou des rayonnages de façon à ce que l'air puisse circuler librement partout. Plus la température et l'humidité relative sont élevées, plus l'aération est nécessaire. On utilise aussi le crib à maïs pour stocker des ignames, mais à condition que son toit soit assez large pour protéger la récolte des rayons du soleil. Il est également possible de stocker de petites quantités de tubercules bien séchés dans des silos en terre. Très souvent, les ignames sont aussi stockés dans des fosses ou mis en tas à l'abri du soleil et des inondations. On les entrepose également dans une « grange à igname ». Le modèle de base est un châssis vertical de 2 m de haut ou plus, sur lequel les tubercules sont attachés individuellement avec une corde le long de traverses en bois léger. On les attache aussi à des poteaux verticaux, leur axe restant à l'horizontale. La grange est parfois couverte d'un toit de chaume de palme ou construite sous

l'ombre épaisse des arbres d'une forêt. Ces constructions offrent une bonne aération et une bonne protection contre les termites, mais non contre les voleurs. Elles permettent aussi un contrôle quotidien des tubercules permettant de retirer ceux qui pourrissent avant qu'ils ne contaminent les autres. Dès le début de la saison des pluies, les tubercules stockés dans la grange à ignames se détériorent rapidement

Patate douce

La patate douce est difficile à stocker dans les tropiques. Les conditions optimales de stockage après traitement sont de 13 à 16 °C avec une humidité relative élevée (85 à 90%). Des températures plus élevées favorisent la germination et augmentent la respiration, provoquant un échauffement du produit et une perte en matière sèche. La ventilation pendant le stockage est très importante. Les tubercules sont extrêmement prédisposés aux blessures et à la détérioration qui suit. Les variétés rouges semblent mieux se stocker que les variétés blanches.

Les patates douces peuvent être stockées dans des silos. Les tubercules subérifiés sont emballés dans du papier journal ou de la sciure sèche (elle doit être sèche pour minimiser la repousse et le pourrissement) et entreposés dans des huttes. Ils peuvent aussi être stockés dans des caisses garnies de plastique perforé de trous pour la ventilation. Pendant la première semaine, la subérification se fait à la température ambiante (de 18 à 31°). Après subérification, il faut retirer l'excès d'humidité pour éviter la germination. Il est également possible de les stocker dans des fosses garnies de paille ou de bambou et munies d'un couvercle hermétique (en bois) et d'un toit les protégeant de la pluie. Cette méthode est applicable uniquement dans les zones bien drainées.

Une autre méthode pour conserver des patates douces fraîches consiste à les éplucher, à les couper en tranches et à les faire sécher au soleil. On les stocke ensuite directement ou moulues en farine.

Pomme de terre

Les pommes de terre sont sensibles au manque d'oxygène et facilement infectées par des bactéries, des champignons, etc. La température de stockage optimale se situe en dessous de 10 °C et elles supportent mal une exposition prolongée au soleil (maximum 1 heure). Elles doivent être conservées dans l'obscurité dans un endroit sec et bien aéré.

Le mieux est de les stocker dans des huttes ventilées. La ventilation se fait pendant la nuit lorsque la température est basse. Les huttes sont parfois partiellement construites sous terre et munies de conduits d'aération permettant à l'air frais de la nuit de passer sous les tubercules. Elles sont stockées en vrac ou de préférence dans de petites caisses. Il est également possible de les conserver dans des silos ou dans des fosses entièrement ou partiellement souterraines. Le degré de respiration étant encore très élevé au début, on ajoute parfois une dernière couche de sable sur la paille une semaine après. Dans les régions montagneuses des tropiques, la température plus basse permet de stocker les pommes de terre dans des structures bon marché pendant des périodes prolongées sans pertes importantes. Les pommes de terre non infectées par des maladies ou des insectes peuvent être conservées en tas ou dans des conteneurs aérés. Il suffit souvent d'adapter les conteneurs ou structures existants.

Oignon

On place 2 ou 3 couches de bulbes sur des rayonnages et on les entrepose dans des huttes bien aérées. On les retourne régulièrement et on élimine ceux qui sont pourris, abîmés ou qui ont germé. Il ne faut pas les stocker avant qu'ils soient bien subérifiés, pour éviter le pourrissement. Le mieux est de les conserver à une température de 30 à 35 °C et avec une humidité relative de 65 à 70%. Une température de 10 à 25 °C stimule la germination et une teneur en humidité élevée accélère le pourrissement. Une température supérieure à 35 °C entraîne une perte de poids.

5 Stockage des fruits et légumes

5.1 Introduction

Le légume peut provenir de n'importe quelle partie de la plante : la racine, la tige, la feuille, la fleur ou le fruit. Ils constituent généralement une des composantes d'un repas chaud. Nous les consommons non seulement comme source d'énergie, mais aussi pour leur saveur et en tant que source de minéraux et de vitamines.



Figure 19 : Des légumes

Lorsque nous parlons de fruits, nous faisons généralement référence aux parties charnues des plantes qui contiennent les graines mûres. Nous les consommons au dessert ou entre les repas, parce que nous en apprécions le goût et qu'ils sont une source de vitamines.

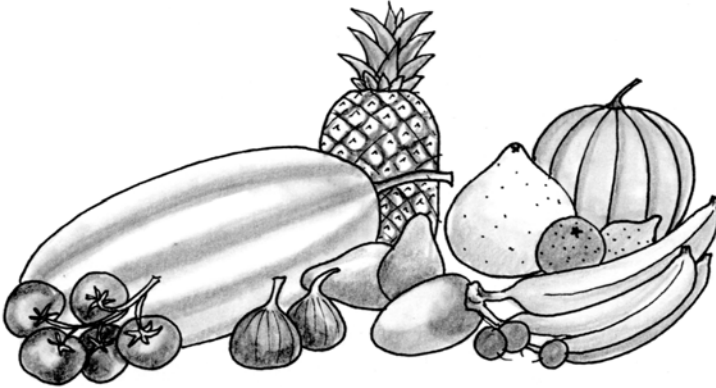


Figure 20 : Des fruits

Contrairement aux graines et aux racines souvent consommées toute l'année, les fruits et les légumes ne sont pas toujours disponibles et leur consommation varie selon les saisons.

5.2 Difficultés du stockage des fruits et légumes

Comme les plantes-racines traitées dans le chapitre précédent, les fruits et les légumes sont en grande partie constitués d'eau. Et on est confronté à la même difficulté : comment conserver cette eau pendant le stockage ? La durée de conservation des fruits et légumes peut atteindre quelques mois, mais c'est plutôt exceptionnel. Celle de la plupart de ces produits varie de quelques jours à plusieurs semaines.

Il est important de savoir en quelle saison mûrissent les différents types de fruits et légumes pour pouvoir en consommer tout le long de l'année. Il est parfois possible de planter des fruits et légumes annuels

à des dates différentes pour prolonger leur période de récolte. Les conditions météorologiques dans les champs sont loin d'être optimales pour le stockage, au moment de la récolte. Le temps est alors souvent chaud et sec et les produits commencent à s'abîmer et à perdre de l'eau dès qu'on les détache de la plante. Par conséquent, les fruits et légumes qui se conservent mal doivent être consommés immédiatement ou stockés peu de temps après la récolte. Il faut éviter de les manipuler pendant plusieurs jours avant de les placer dans des conditions de stockage optimales. Tous les fruits et légumes se meurtrissent facilement lorsqu'ils ne sont pas traités avec précaution pendant la récolte, le transport et les autres activités. Les meurtrissures ne sont pas toujours visibles, mais le pourrissement s'amorce sous la peau. Ensuite, la durée de conservation déjà courte diminue encore. Il est donc de toute importance de manipuler les produits avec précaution pour éviter les meurtrissures.

Les fruits et légumes ne représentent pas seulement une source importante d'aliments pour la famille, mais aussi un apport financier intéressant si on les vend sur le marché. Les frais de stockage, transport et traitement se révéleront payants pour les produits de qualité supérieure. Il ne faut cependant pas oublier que les commerçants ont tendance à payer en dessous du prix les produits qui se conservent peu de temps. Il sera donc toujours plus rentable de vendre directement aux consommateurs. De plus, les acheteurs potentiels sont attirés par des produits de taille homogène, de bonne qualité et qui ont l'air frais.

Lorsque les coûts de stockage et d'équipements sont trop élevés pour un seul agriculteur, il peut envisager de les partager avec d'autres en créant une coopérative (voir Agrodok **38 : Comment créer une coopérative**).

Ce n'est pas toujours possible de consommer ou de vendre tous les fruits et les légumes quand ils sont encore frais. Dans ce cas, on peut transformer une partie de la récolte pour la conserver pendant une plus

longue période. Vous trouverez des méthodes de transformation des fruits et légumes dans les références de la Bibliographie.

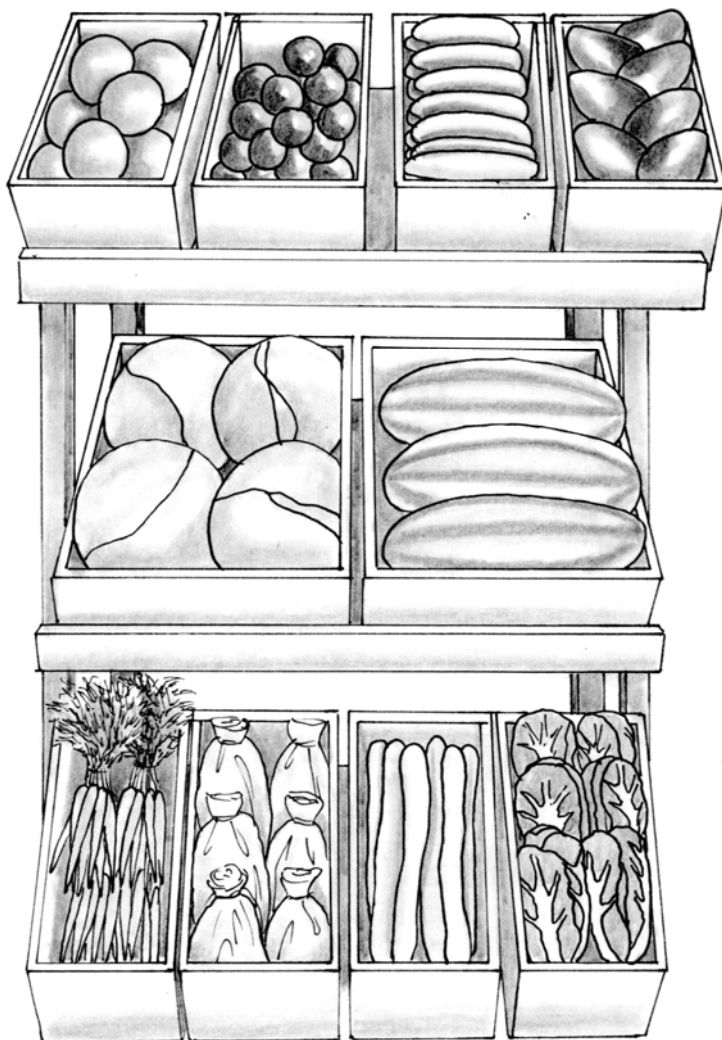


Figure 21 : Les consommateurs préfèrent les légumes frais, de qualité et taille homogènes

5.3 Opérations effectuées dans les champs et dans le lieu de stockage

Contrôle du degré de maturité des fruits et légumes

Pour savoir si les fruits ou légumes sont prêts à être récoltés, l'agriculteur doit les observer presque chaque jour lorsqu'ils sont encore attachés à la plante. De nombreux légumes sont consommés avant leur maturité : concombres, courgettes, haricots mangetout, pois, etc. On les cueille lorsqu'ils ont atteint une certaine taille. Si l'on attend quelques jours de plus, ils risquent d'être moins savoureux. Par contre, les fruits sont consommés à leur maturité qui se repère à leur couleur et leur saveur. Pour la récolte, on distingue deux groupes de fruits. Le premier est sensible à l'éthylène : les tomates, par exemple, peuvent être récoltées avant leur pleine maturité. Elles sont alors moins vulnérables ce qui permet de les stocker plus longtemps. Le second groupe de fruits n'est pas sensible à l'éthylène. Ils mûrissent uniquement lorsqu'ils sont attachés à la plante : c'est le cas notamment des poivrons et des agrumes. Il faut les récolter quand ils sont mûrs.

Activités pendant la récolte

Pendant la récolte, on déploie un certain nombre d'activités dans les champs. Il est conseillé de récolter les fruits et les légumes le matin, avant le lever du soleil. En pleine chaleur, les produits auront un taux de respiration élevé et commenceront rapidement à perdre de l'eau. Certains fruits et légumes doivent être placés dans un lieu ombragé le plus vite possible après leur récolte. On enlève parfois les feuilles et les autres parties non comestibles dans les champs pour limiter le poids à transporter. On laisse aussi dans les champs les produits qui présentent des signes graves de malformation, de blessures ou de maladies. On les prépare avant de les stocker, les consommer ou les vendre sur le marché. Ces opérations sont effectuées à l'ombre, sous des arbres ou à l'intérieur d'un bâtiment. Si nécessaire, on rafraîchit les fruits ou légumes en les plongeant dans de l'eau ou en les recouvrant de sacs humides, à l'ombre. En les mouillant, on réduit leur taux de respiration et la perte d'eau, ce qui augmente la durée de conservation, surtout celle des plantes feuillues.

Les fruits et légumes sont facilement blessés ou meurtris lors de la récolte. Les blessures (coupures et piqûres) sont souvent provoquées par les outils. Les champignons et les bactéries pénètrent alors dans les blessures et provoquent le pourrissement. Ce type de dégât se repère facilement et les exemplaires abîmés sont éliminés. Les ciseaux ou couteaux utilisés doivent avoir un bout arrondi pour éviter les piqûres, tout en étant suffisamment aiguisés pour ne pas déchirer les plantes. Les meurtrissures sont plus fréquentes que les blessures. On les repère moins facilement et les symptômes n'apparaissent que quelques jours plus tard, lorsque le produit est entre les mains du consommateur. Les meurtrissures sont très fréquentes pendant la récolte et l'emballage, lorsque les fruits, emballés ou non, atterrissent sur une surface dure ou se cognent les uns aux autres. Il arrive aussi que le poids des couches supérieures de fruits ou légumes meurtrisse les couches inférieures du conteneur. C'est souvent le cas pendant le stockage et le transport en vrac. Cela arrive également lorsque des caisses ou des emballages peu solides s'effondrent sous le poids des couches supérieures. Les dégâts provoqués par les meurtrissures dépendent du produit, mais elles réduisent toujours la durée possible de stockage. Pour les prévenir, utilisez lors de la récolte des conteneurs rembourrés, lisses et sans angles coupants, évitez de trop les remplir et déplacez-les avec précaution. Minimisez la hauteur de chute lorsque vous transférez les produits dans un autre conteneur.

Opérations après la récolte

Après la récolte, il faut préparer les fruits et légumes en vue de leur vente. La préparation pour la vente sur le marché de produits frais consiste en quatre opérations principales : l'élimination des exemplaires non commercialisables, le tri en fonction de la maturité et/ou de la taille, le classement en différentes catégories de qualité et l'emballage. Les exemplaires non commercialisables restent dans le champ : il est inutile de les transporter avec le reste de la production. On transporte les produits dans un lieu ombragé ou dans un entrepôt avant d'effectuer les autres opérations. L'avantage de l'entrepôt ou du hangar d'emballage, c'est qu'il offre un abri à la production et à la main d'œuvre, ce qui permet de travailler par n'importe quel temps. Les associations

d'agriculteurs, les coopératives ou même les organisations communautaires qui ont la capacité de traiter de grandes quantités profiteront des avantages fournis par un lieu protégé. La taille et la complexité d'un entrepôt ou d'un hangar d'emballage sont fonction des facteurs suivants : type et volume de la récolte à traiter, du capital dont on dispose et des objectifs, par exemple le traitement de la production du propriétaire ou la fourniture d'un service à d'autres personnes. Dans certains cas, les hangars d'emballage sont reliés à des lieux de stockage et à des bureaux commerciaux.

Les fruits sont généralement cueillis à différents degrés de maturité, mais ils doivent montrer une certaine homogénéité lors de leur vente. De même, la taille des fruits et légumes varie considérablement. On regroupe les produits qui ont à peu près la même couleur et la même taille. L'étape suivante consiste à les trier, à enlever à la main les exemplaires meurtris, pourris ou déformés ainsi que les feuilles flétries ou jaunies. Les fruits et légumes de qualité inférieure sont consommables mais conviennent moins bien au stockage et à la vente en tant que produit frais sur le marché. Il vaut mieux en faire du chutney ou un autre produit.

L'emballage doit être conçu de façon à éviter tout dégât physique et à rendre les produits facilement manipulables. Après le tri et la classification, les fruits et légumes sont emballés en petites unités correspondant au poids ou nombre d'exemplaires consommés par une famille pendant une période donnée (de 300 g à 1,5 kg, selon le produit). Il y a plusieurs méthodes d'emballage de fruits et légumes pour les vendre sur le marché. Elles sont décrites en détail dans l'Agrodok 50 : **Le conditionnement des produits agricoles**. Pour le stockage et le transport, on place plusieurs emballages dans des caisses en panneaux de fibres ou en bois pesant de 5 à 20 kg ou même dans des sacs plus lourds.

5.4 Le stockage des fruits et légumes

L'utilisation d'un système de stockage libère de la contrainte de commercialiser les produits tout de suite après la récolte. Ce système va d'un simple tas sur le sol à des bâtiments pourvus d'un équipement spécial de réfrigération.

Le stockage naturel dans les champs

C'est le système le plus rudimentaire et il est encore utilisé pour de nombreuses racines et tubercules. Reportez-vous au Chapitre 4 pour plus de détails. Les cultures sont laissées dans le sol jusqu'à leur préparation pour le marché. De même, les agrumes et certains autres fruits sont laissés sur l'arbre. Bien que la conservation des produits dans des conditions naturelles soit courante, elle les expose aux ravageurs et aux maladies, ainsi qu'à des conditions météorologiques défavorables, ce qui risque d'affecter leur qualité. On pratique aussi couramment le stockage en tas dans les champs. Cette méthode a l'avantage d'isoler la production de l'humidité du sol et de la protéger du mauvais temps grâce à une couche de la paille et une de terre. Cette solution réduit les coûts pour les produits volumineux tels que les citrouilles dont le stockage à l'intérieur exigerait la présence de grands bâtiments.

Le stockage dans des bâtiments à l'aération naturelle

C'est le système le plus simple de tous. Les bâtiments offrent une protection contre l'extérieur et l'aération naturelle permet une circulation de l'air autour des produits, ce qui les débarrasse de la chaleur et de l'humidité engendrées par leur respiration. Le produit peut être placé en vrac, dans des sacs, des caisses, des corbeilles, sur des palettes, etc. Bien que ce système soit simple et facile à construire, il présente de graves inconvénients :

- De grandes variations de température risquent de se produire, ce qui est un facteur défavorable au stockage.
- Les bâtiments doivent être pourvus de grandes ouvertures pour la ventilation. Il faut donc prévoir des écrans devant ces ouvertures pour empêcher l'intrusion de rongeurs et d'insectes ravageurs.

- Il faut laisser un espace entre les produits pour que l'air puisse circuler. Cela réduit la capacité de stockage.
- Il faut aussi prévoir de nombreuses ouvertures dans le toit pour empêcher la formation de zones chaudes et humides qui favoriseraient le développement des bactéries et des champignons.

Il est possible dans certaines limites de profiter des changements naturels de température et de taux d'humidité relative, en choisissant les moments d'ouverture et de fermeture de la ventilation du local. Vers midi, la température ambiante et l'humidité relative sont plus basses que celles des produits. C'est le contraire la nuit. Les ouvertures de ventilation doivent donc être ouvertes la nuit afin de réduire la température des produits stockés, ce qui fera augmenter l'humidité relative.

Bâtiments équipés d'un système de ventilation forcée

On peut améliorer l'échange de chaleur et de gaz grâce à des ventilateurs qui envoient de l'air entre les produits stockés. Ce système permet une meilleure utilisation de l'espace dans le cas d'un stockage en vrac. Les conduits d'air circulent sous un sol perforé et force la circulation de l'air entre les produits. La disposition du chargement et la capacité de ventilation doivent être calculées avec soin pour assurer une distribution uniforme de l'air à travers la production. Le système doit être conçu par des spécialistes en fonction du volume et du nombre de renouvellement d'air nécessaires par unité de temps.

Réfrigération

Le contrôle de la température est l'un des outils principaux permettant de prolonger la vie du produit après la récolte : les températures basses ralentissent la respiration du produit et l'activité des micro-organismes responsables de sa détérioration. Cela retarde la maturité et réduit la perte en eau. Ces facteurs contribuent à maintenir la fraîcheur du produit et à préserver sa valeur nutritive. On construit des pièces réfrigérées, équipées de machines maintenant la température autour de 5 °C. Malheureusement, la construction et la maintenance de ces pièces reviennent assez cher. Seul un groupe d'agriculteurs qui en partageraient

les coûts pourraient financer un tel investissement. Et encore, il faudrait qu'ils soient certains d'obtenir un bon prix pour leurs produits. Le refroidissement par évaporation est une alternative bon marché. Le principe de base consiste à refroidir les produits grâce à l'évaporation, phénomène selon lequel l'eau liquide se transforme en vapeur d'eau sur une surface. En s'évaporant, l'eau aspire de l'énergie de son environnement et produit un effet rafraîchissant considérable. Le refroidissement par évaporation a lieu lorsque de l'air pas trop humide passe sur une surface mouillée : plus le rythme de l'évaporation est rapide, plus le refroidissement est grand. L'efficacité d'un refroidisseur évaporatif dépend de l'humidité de l'air ambiant. De l'air très sec a la capacité d'absorber une grande quantité d'humidité, ce qui entraîne un plus grand refroidissement. Par contre, si l'air est complètement saturé d'eau, il n'y aura pas d'évaporation et donc pas de refroidissement.

Un refroidisseur évaporatif est constitué d'un matériau poreux imbibé d'eau sur lequel on fait passer de l'air chaud et sec. L'eau s'évapore dans l'air, ce qui fait augmenter sa teneur en humidité et réduit sa température. Il existe différents types de refroidisseurs évaporatifs : on choisira le modèle en fonction des matériaux disponibles et des besoins de l'utilisateur. Vous en trouverez quelques exemples décrits ci-dessous.

Le modèle de base consiste en un pot de conserve placé dans un plus grand pot contenant de l'eau. Le pot intérieur contient les aliments maintenus au frais. Ce principe de base des doubles pots a été adapté par le Food & Nutrition Board of India, qui a créé le refroidisseur Janata (Figure 22). On place un pot de conserve dans un bol en faïence contenant de l'eau. On couvre ensuite le pot avec un torchon humide qui trempe dans le réservoir d'eau. L'eau contenue dans le torchon s'évapore, maintenant le pot de conserve au frais. On place aussi le bol sur du sable humide, pour isoler le pot de la chaleur du sol.

Il existe un autre modèle de refroidisseur fabriqué à partir de deux pots emboîtés de formats légèrement différents. On place le plus petit pot dans le plus grand et on remplit d'eau l'espace qui les sépare.

L'Institut indien de recherche agricole (IARI : *The Indian Agricultural Research Institute*) a également développé un autre type de chambre de refroidissement à la capacité plus grande. La structure de base de cette chambre est construite avec des briques et du sable de rivière. Sa couverture est composée de rotin ou d'un autre matériau végétal et de sacs ou de tissus. Elle doit être placée à proximité d'une source d'eau.

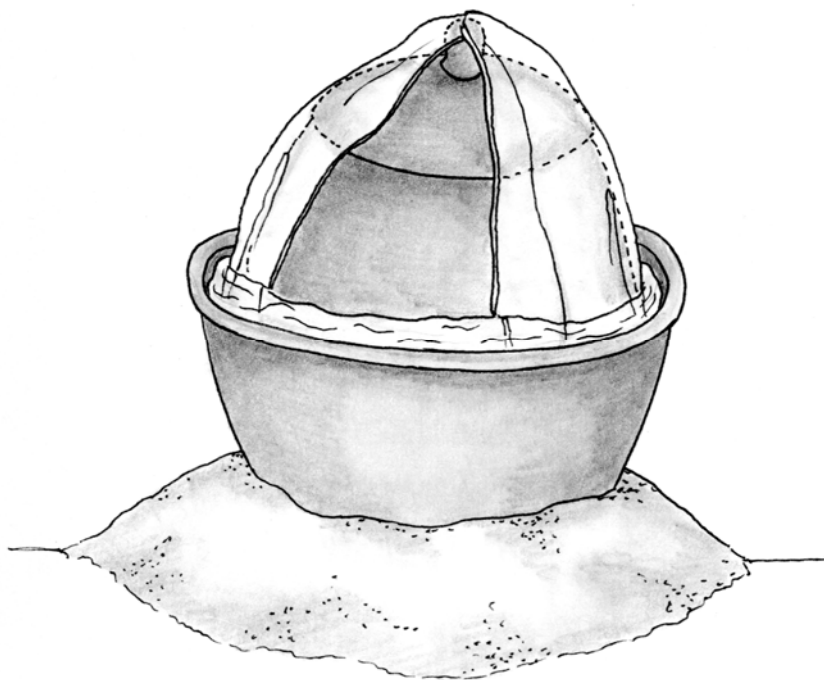


Figure 22 : Refroidisseur évaporatif Janata. Voir le texte pour plus d'explications.

La construction est assez simple. On commence par poser une couche de briques qui formeront le sol, puis on monte un mur creux de briques autour du bord extérieur du sol, en ménageant un espace d'environ 75 mm entre le mur intérieur et le mur extérieur. On remplit ensuite cet espace de sable. Il faut autour de 400 briques pour construire la chambre de la Figure 23 qui a une capacité d'environ 100 kg.

La couverture de rotin et de toile à sac est montée sur une ossature en bambou. Toute la structure doit être protégée du soleil grâce à un toit qui fournira de l'ombre. Après l'achèvement de la construction, les murs, le sol, le sable dans la cavité et la couverture sont entièrement imbibés d'eau. Une fois que la chambre est complètement mouillée, il suffit de l'arroser deux fois par jour pour maintenir l'humidité et la température à l'intérieur. On peut aussi ajouter un simple système d'arrosage goutte à goutte comme on le voit dans la Figure 23.

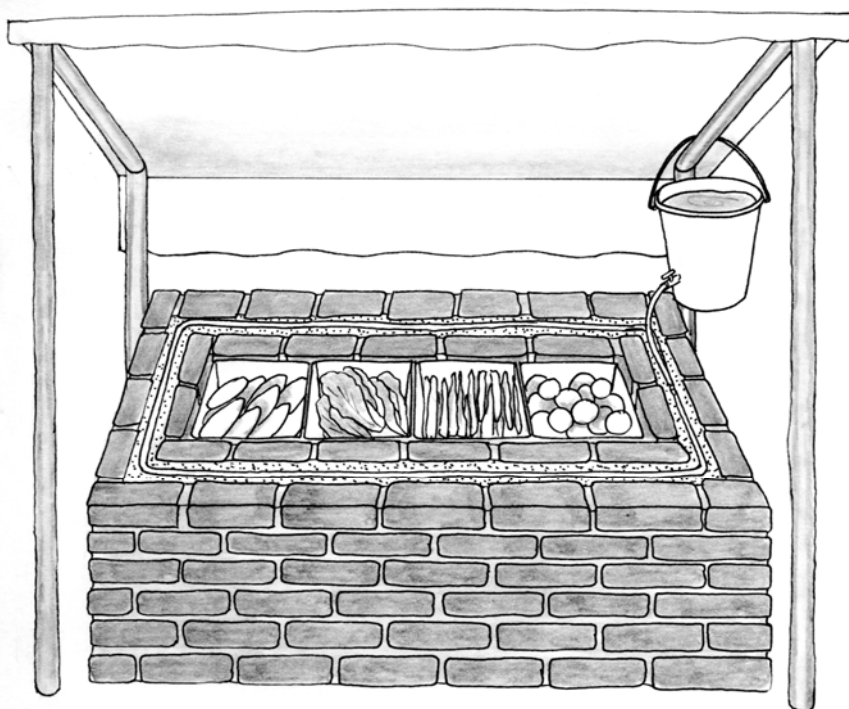


Figure 23 : Chambre de refroidissement évaporatif. Voir le texte pour plus de détails.

Stockage et éthylène

De nombreux fruits et légumes sont sensibles à l'éthylène. Ce gaz provoque la maturation des fruits, ce qui est un avantage dans la plupart des cas, car cela permet de les cueillir avant leur pleine maturité, alors

qu'ils ont moins de risques de s'abîmer. La plupart des fruits sensibles à l'éthylène en produisent eux-mêmes, comme on le voit dans le Tableau 2. Toutefois, certains fruits y sont sensibles, mais n'en produisent pas. Ils peuvent mûrir une fois cueillis s'ils sont stockés au même endroit que des fruits produisant de l'éthylène.

Tableau 2 : Fruits tropicaux courants. La durée de stockage est une indication approximative et concerne les fruits cueillis mûrs.

Nom commun	Nom scientifique	Température de stockage, °C	Durée de stockage, semaines
A. Fruits qui mûrissent hors de la plante ¹⁾			
Pomme cannelle	<i>Annona squamosa</i>	15 - 20	0,5 - 1,5
Mangue	<i>Mangifera indica</i>	10 - 13	1
Banane	<i>Musa sp.</i>	13 - 16	1 - 1,5
Goyave	<i>Psidium guajava</i>	5 - 10	1 - 3
Fruit de la passion	<i>Passiflora sp.</i>	5 - 10	1 - 5
Avocat	<i>Persea americana</i>	3 - 7	2 - 4
Mangoustan	<i>Garcinia mangostana</i>	13 - 15	2 - 4
Fruit à pain	<i>Artocarpus altilis</i>	13 - 15	2 - 4
Jacquier	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	13 - 15	2 - 4
Papaye	<i>Carica papaya</i>	13	2 - 5
Durian	<i>Durio zibethinus</i>	13 - 15	3 - 5
B. Fruits qui mûrissent hors de la plante, mais seulement en présence d'autres fruits ²⁾			
Raisin	<i>Vitis sp.</i>	0 - 2	2 - 8
Citron vert	<i>Citrus aurantiifolia</i>	10 - 13	6 - 8
C. Fruits qui mûrissent uniquement sur la plante ³⁾			
Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	10 - 12	1,5 - 2
Ananas	<i>Ananas comosus</i>	10 - 13	2 - 6
Grenade	<i>Punica granatum</i>	5 - 7	8 - 16
Orange	<i>Citrus sinensis</i>	3 - 8	12
¹⁾ Fruits qui produisent de l'éthylène et sont sensibles à l'éthylène			
²⁾ Fruits qui ne produisent pas d'éthylène, mais sont sensibles à l'éthylène			
³⁾ Fruits qui ne produisent pas d'éthylène et ne sont pas sensibles à l'éthylène			

De nombreux légumes sont également sensibles à l'éthylène. Il provoque leur vieillissement, ce qui est un inconvénient la plupart du temps. C'est pourquoi, si vous souhaitez les conserver une semaine ou plus, ne les mettez pas en présence de fruits produisant de l'éthylène. Vous

trouvez dans le Tableau 3 une liste de légumes et leur sensibilité à l'éthylène.

Tableau 3 : Légumes courants, durée approximative de stockage et sensibilité à l'éthylène

Nom commun	Nom scientifique	Durée du stockage, semaines	Sensible à l'éthylène
Chou	Brassica oleracea	3 - 6	+
Épinard	Spinacia oleracea	0,5	++
Chou-fleur	Brassica oleracea	2 - 3	+
Carotte	Daucus carota	1,5 - 2	+
Maïs doux	Zea mays 'rugosa'	0,5	-
Piment rouge	Capsicum annuum 'longum'	10 - 25	+
Piment doux	Capsicum annuum 'grossum'	2 - 5	-
Ciboule	Allium fistulosum	2 - 4	+
Tomate	Lycopersicon esculentum	0,5 - 1	+
Champignon de Paris	Agaricus bisporus	0,5 - 1	+
Aubergine	Solanum melongena	0,5 - 1	+
Haricot vert	Phaseolus vulgaris	0,5 - 1	+
Concombre	Cucumis sativus	1 - 2	+
Gombo	Abelmoschus esculentus	1 - 1,5	+
Artichaut	Cynara scolymus	0,5 - 1	+

Annexe 1 : Mesure de l'humidité relative de l'air

Si l'humidité relative (HR) est supérieure à 70%, il faut sécher artificiellement les graines avant de les stocker. À ce taux, les graines risquent d'absorber l'eau de l'air humide, elles doivent donc être conservées dans des contenants hermétiques pour empêcher tout contact avec l'air extérieur.

On mesure l'HR de l'air avec précision grâce à deux thermomètres : un thermomètre à bulbe sec et un thermomètre à bulbe humide. La température sèche est celle de l'air mesurée par un thermomètre ordinaire. La température humide est celle de l'air mesurée par un thermomètre ordinaire dont le bulbe de verre est couvert d'un chiffon ou d'une gaze humide (on enfle une mèche de coton autour du bulbe du thermomètre et on la trempe dans de l'eau distillée ou de l'eau de pluie). Les deux thermomètres

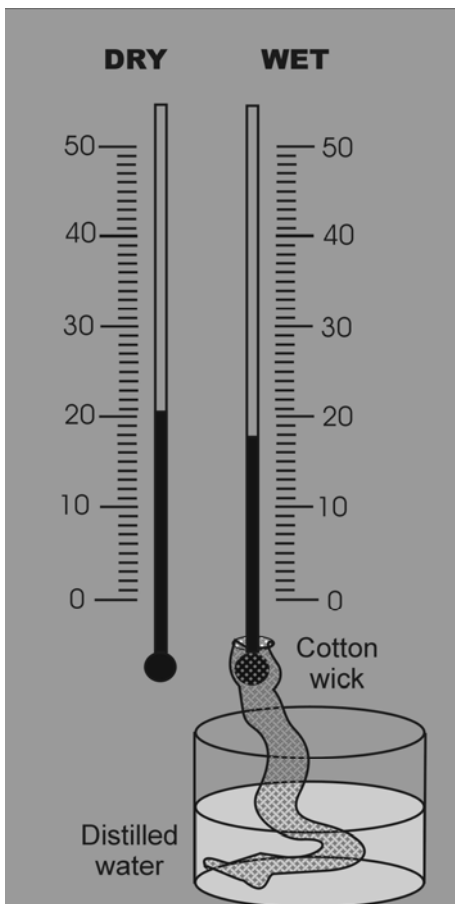


Figure 24 : Thermomètres à bulbe sec et humide

sont représentés dans la Figure 24. On mesure les températures après avoir déplacé rapidement les thermomètres dans l'air pendant plusieurs secondes (en les secouant ou en les faisant pivoter). De l'eau

s'évaporer du bulbe humide, ce qui fera baisser la température. Plus l'air sera sec, plus il y aura d'évaporation et plus la température indiquée par le thermomètre humide sera basse. Après avoir mesuré les températures des deux thermomètres, on lit l'HR dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Humidité relative de l'air (en %) mesurée avec deux thermomètres à bulbe, un sec et un humide

T _{sec}	T _{différence}										
	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
5	100	86	72	58	45	33	20	7	-	-	-
10	100	88	77	66	55	44	34	24	15	6	-
15	100	90	80	71	61	53	44	36	27	20	13
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	31	24
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	39	33
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39
35	100	94	87	81	75	69	64	59	54	49	44
40	100	94	88	82	77	72	67	62	57	53	48

T_{sec} = température du thermomètre à bulbe sec
T_{différence} = différence de température entre les thermomètres sec et humide

Le Tableau 4 est un tableau simplifié qui est valable pour une vitesse de l'air d'environ 2,5 mètres par seconde, une pression atmosphérique normale et sans rayons directs du soleil.

Annexe 2 : Mesure de la teneur en humidité des graines

La teneur en humidité (TH) des graines est généralement déterminée de cette façon :

$$TH = (\text{Poids des graines humides} - \text{Poids des graines sèches}) \times 100 / (\text{poids des graines humides})$$

$$\text{Poids final des graines} = \text{Poids initial} \times (100 - TH \text{ initiale}) / (100 - TH \text{ fi})$$

Exemple : 1000 kg de graines sont récoltées à 25% TH et séchées à 14% TH

$$\text{Poids final des graines} = 1000 \times (100 - 25) / (100 - 14) = 872 \text{ kg de graines à } 14\% \text{ TH}$$

Méthode A : On pèse un échantillon de graines avant et après le séchage au four

- 1 Préchauffer le four à 130 °C.
- 2 Peser trois échantillons de graines d'environ 10 g. chacun (p).
- 3 Placer les échantillons dans le four.
- 4 Retirer les échantillons du four au bout d'environ 16 heures et noter le poids final de chaque échantillon.
- 5 Calculer la TH de chaque échantillon : $TH = (\text{Poids de départ} - \text{Poids final des échantillons secs en g.}) \times 100 / \text{Poids de départ}$.
- 6 Calculer la TH moyenne des trois échantillons.

Méthode B : On utilise un humidimètre électronique

Il existe de nombreux modèles d'humidimètres pour graines. Vérifiez que votre appareil convient à vos graines. Le manuel du fabricant vous indiquera comment procéder. La Figure 25 montre le modèle de l'IRRI qui est relativement bon marché. Il a été conçu au départ pour mesurer le riz, mais on l'a adapté pour la mesure de l'humidité des

grains de café et d'autres graines. On en prévoit la vente dans plusieurs pays africains. Il fonctionne avec une pile alcaline de 9 Volt.



Figure 25 : Humidimètre permettant de mesurer la teneur en humidité des graines. Son mode d'emploi est décrit ci-dessous.

Mode d'emploi de l'humidimètre

- 1 Allumer l'humidimètre à l'aide du bouton *on/off*.
- 2 Remplir le petit plateau de l'humidimètre de graines jusqu'au niveau requis.
- 3 Tourner le bouton jusqu'à ce que la teneur en humidité s'affiche sur l'écran.
- 4 Prendre la mesure de 3 à 5 échantillons et calculez la teneur en humidité moyenne.

Bibliographie

Agrodok 3. **La conservation des fruits et des légumes.** 2003, 94 pages, Agromisa/CTA, les Pays-Bas. ISBN : 90-77073-32-9.

Agrodok 18. **La protection des céréales et des légumineuses stockées.** 2004, 74 pages, Agromisa/CTA, les Pays-Bas. ISBN : 90-77073-88-4.

Agrodok 25. **Les greniers.** 2005, 84 pages, Agromisa/CTA, les Pays-Bas. ISBN : 90-8573-019-8.

Agrodok 50. **Le conditionnement des produits agricoles.** 2010, Agromisa/CTA, les Pays-Bas.

Les livres Agrodok peuvent être commandés à Agromisa, www.agromisa.org

Barbosa-Cánovas, G.V. **Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas.** 2002. technical manual. FAO agricultural services bulletin, volume 149, FAO, Rome. ISBN : 9251048614, 9789251048610.

Bell, A., O. Möck, B.Schuler. **Les richesses du sol. Les plantes à racines et tubercules en Afrique: une contribution au développement des technologies de récolte et d'après récolte.** 2000. DSE/GTZ Ce manuel est à consulter en ligne sur le site web de la FAO www.fao.org/wairdocs/x5695f/x5695f00.htm#P215_6301

Centre de services aux cooperatives (Ugama/CSC). **Les techniques post-recoles et extra-agricoles**, Module de formation. 2005, <http://info.worldbank.org/etools/docs/library/180579/ModuleAgri-Extensionfrench.pdf>

Cruz, J.F., P. Dimanche, M.N. Ducamp-Collin, G.Fliedel, J. Joas, J.L.Marchand, C. Mestres et F. Troude. **La récolte, le stockage et la première transformation.** 2002, dans: Mémento de l'agronome. CI-RAD-GRET p.717-746. ISBN : 2-86844-129-7, ISBN : 2-87614-522-7.

CTA. **Conservation des légumes feuilles et des fruits.** 2008, Collection Guides pratiques du CTA, No 8. ISSN : 1874-8864.

www.anancy.net >documents

FAO. **Huiles essentielles. Règles générales d'emballage, de conditionnement et de stockage.** 1999, 10 pages, Norme Internationale ISO (ISO), no. 210.

FAO. **Stockage des céréales et des légumineuses. Pt. 2: Recommandations pratiques,** 2000, 11 pages, Norme Internationale ISO (ISO), no. 6322-2.

FAO. **Le stockage des aliments, leur transformation et la sécurité alimentaire des ménages** . 2002, 442 pages, dans: Agriculture, alimentation et nutrition en Afrique. Un ouvrage de référence à l'usage des professeurs d'agriculture, 442 pages, ISBN : 9252038205. Télécharger : www.fao.org

FAO. **Fabrication Artisanale de Silos Métalliques Fermiers pour le Stockage de Grains.** 2007. Compte rendu final du projet, Guinée, www.fao.org

Gwinner, J., R.Harnisch, O. Mueck. **Manuel sur la manutention et la conservation des graines après récolte.** 1996, 368 pages, GTZ, Allemagne

Laville, E. **La protection des fruits tropicaux après récolte.** 1994, CIRAD, COLEACP. ISBN : 2-87614-186-8.

Lucia M. de, et D.Assennato. **L'après-récolte des grains. Organisation et techniques.** 1992, 160 pages, Bulletin des Services Agricoles de la FAO 93. FAO, Rome.

Shepherd, A.W. et K. Kouyaté. **Séchage et stockage des céréales.** 2001.

Adresses utiles

GrainPro – Organic storage systems

Société visant le développement et la commercialisation des technologies post-récolte pour les céréales et autres denrées alimentaires sèches,

E : customerservice@grainpro.com, W : www.grainpro.com

CIRAD – La recherche agronomique pour le développement

En partenariat avec les pays du Sud dans leur diversité, le Cirad produit et transmet de nouvelles connaissances, pour accompagner leur développement agricole et contribuer au débat sur les grands enjeux mondiaux de l'agronomie. Organisme de recherche finalisée, le Cirad établit sa programmation à partir des besoins du développement, du terrain au laboratoire, du local au planétaire.

Direction régionale du Cirad Afrique de l'Ouest continentale

Cirad

01 B.P. 596

Avenue Kennedy

Ouagadougou, Burkina Faso

T : +226 50 30 70 70 F : +226 50 30 76 17

E : secretariat_draoc@cirad.fr, W : www.cirad.fr

ILEIA – Centre pour l'information sur l'agriculture durable à faibles intrants externes.

Promeut les échanges d'information pour les exploitants agricoles de petite échelle dans le Sud par le biais de l'identification de technologies prometteuses. Des informations concernant ces technologies sont transmises principalement par le biais du magazine AGRIDAPE. Tous les articles peuvent être consultés en ligne.

Contact : ILEIA, Zuidsingel 16, 3811 HA Amersfoort, Pays-Bas

T : +31 33 4673870 F : +31 33 4632410 E : ileia@ileia.nl

W : www.leisa.info (Site aussi en français) et www.agridape.leisa.info/

IER – Institut d'Economie Rurale du Mali

La principale institution de recherche au Mali pour la mise en œuvre de la politique nationale de recherche agricole.

BP 258 - Rue Mohamed V - Bamako – Mali

W : www.ier.gouv.ml

ICRISAT – Institut international de Recherche sur les cultures dans les zones tropicales semi-arides

L'ICRISAT est une organisation de recherche à but non lucratif et apolitique qui effectue une recherche agricole et un renforcement des capacités innovateurs pour le développement durable dans les zones tropicales semi-arides du Tiers-Monde.

Centres régionaux au Niger et au Mali :

ICRISAT-Niamey, B.P. 12404, Niamey, Niger

E : icrisat@cgiar.org

ICRISAT-Bamako, B.P. 320, Bamako, Mali

E : icrisat-w-mail@cgiar.org

Practical Action

Practical action aide les gens à utiliser la technologie dans la lutte contre la pauvreté. Site et publications en anglais. Publications intéressantes: Technical Briefs and Manuals

E : practicalaction@practicalaction.org.uk

W : www.practicalaction.org

GRET – Groupe d'Association de solidarité et de coopération internationale

Travaille en Afrique, en Asie, en Amérique latine, mais aussi en Europe, pour contribuer à un développement durable et solidaire et lutter contre la pauvreté et les inégalités structurelles. Ses actions visent à accroître les revenus des populations rurales et urbaines, réduire leur vulnérabilité, améliorer leur accès à des infrastructures et des services de qualité, développer leur capacité à faire entendre leur voix.

Campus du Jardin tropical, 45 bis avenue de la Belle Gabrielle

94736 Nogent-sur-Marne, France

E : gret@gret.org W : www.gret.org

Internet

www.fao.org/inpho/content/compand/toc_main.htm

Abrégé de la FAO contenant une richesse de l'information sur des problèmes après la moisson avec de divers produits agricoles.

www.knowledgebank.irri.org/

Lier au site Web de l'International Rice Research Institute dans la visibilité directe Baños Philippines fournissant l'information sur de diverses applications de stockage hermétique pour des graines de riz

www.inadesfo.net

Inades-Formation est une organisation non gouvernementale (ONG) panafricaine . Les bénéficiaires directes des activités d'Inades-Formation sont les paysans et paysannes individuels ou organisés. Le siège social de l'institution est basé à Abidjan. Elle est présente en Afrique de l'Ouest, du Centre et de l'Est à travers son Secrétariat général et ses dix (10) bureaux nationaux implantés dans les pays ci-après : Burkina Faso, Burundi, Cameroun, Congo démocratique, Côte d'Ivoire, Kenya, Rwanda, Tanzanie, Tchad et Togo.

La liste des publications du réseau Inades-Formation jusqu'en 2007 peut être consultée sur le site. Vous y trouverez les titres, les prix (pour certaines) de ces publications ainsi que les adresses où vous pouvez vous en procurer.

E : ifsiege@inadesfo.net

Glossaire

- Aflatoxine*** Poison alimentaire produit par des champignons appartenant au genre *Aspergillus*. Les aflatoxines sont toxiques pour les êtres humains et provoquent le cancer.
- Andains*** Bandes continues de plantes laissées sur le sol après la récolte.
- Blanchir*** Technique de cuisson consistant à plonger les aliments dans de l'eau bouillante et à les retirer avant qu'ils soient cuits.
- Bulbe*** Courte tige souterraine à bourgeons, entourée de feuilles habituellement charnues contenant un stock d'aliments pour la pousse qui se trouve à l'intérieur.
- Conservation*** Protection contre l'altération, la perte ou les blessures.
- Durée de conservation (des produits agricoles)***
Période pendant laquelle ils sont considérés comme propres à la vente ou à la consommation.
- Facteur externe***
Un facteur de l'environnement (qui provoque une perte de la qualité des plantes stockées).
- Facteur interne***
Un facteur provenant de la culture elle-même (provoquant une perte de la qualité des plantes stockées).
- Graine*** Organe formé au cours de la reproduction des plantes, consistant en une enveloppe protectrice renfermant un embryon et des réserves d'alimentation.

Infestation (d'une culture stockée)

Un ravageur (insecte, champignon ou bactérie) qui se développe sur la récolte stockée.

Maturité physiologique (d'une graine)

Stade de croissance dans lequel la graine est complètement développée : elle ne grandira plus et ne stockera plus de réserves supplémentaires. Elle est généralement trop humide pour le battage ou le stockage de n'importe quelle durée.

Mettre en conserve

Processus de traitement des produits agricoles permettant d'arrêter ou de beaucoup ralentir la détérioration provoquée par les micro-organismes.

Nutrition

Processus selon lequel un organisme vivant consomme des aliments afin de se développer et de remplacer ses tissus.

Respiration

Réaction chimique par laquelle des plantes et des animaux vivants produisent de l'énergie à partir d'aliments.

S'évaporer

Passer de l'état liquide à celui de vapeur

Semences

Ensemble de graines utilisées par l'agriculteur pour démarrer une nouvelle culture.

Tubercule

Tige renflée, charnue, généralement souterraine d'une plante, comme la pomme de terre par exemple, portant des bourgeons d'où sortiront des pousses d'une nouvelle plante.