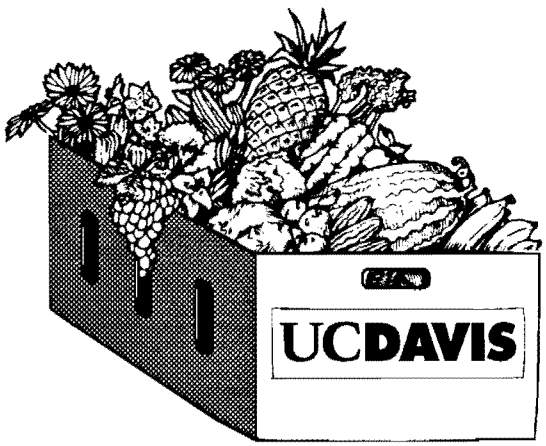
POSTHARVEST HORTICULTURE SERIES NO. 8F
October 1998



Méthodes de Manutention Post-Récolte pour Petits Exploitants: Un Manuel pour les Cultures Horticoles

Traduction de la 3e édition

Éditeur technique: Amar Kaanane
Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

Édition anglaise: Lisa Kitinoja et Adel A. Kader

Département de Pomologie
Université de Californie
Davis, Californie 95616 Etas-Unis

Remerciements

C'est en partie grâce à des fonds de l'USAID que ce manuel a été préparé, la subvention étant un "USDA grant no. 158-319R-3-004, the National Agricultural Research Project, Ministry of Agriculture, Egypt" (Projet national de recherche agricole du ministère égyptien de l'agriculture). Le succès de la première édition (publiée en juin 1993) et de la deuxième (janvier 1994) nous a encouragés à améliorer le manuel et à produire rapidement une troisième édition.

Celle-ci comprend toutes les méthodes de manutention post-récolte décrites dans l'édition originale et donne en outre des informations sur d'autres méthodes pour le traitement et la transformation alimentaire des produits horticoles. La deuxième édition du manuel existe en ce moment en arabe (publiée en janvier 1994) et il y a une version espagnole de la troisième (janvier 1996).

Nous remercions Coralie Turbitt du ITEC "International Training and Education Center" (Centre International de formation et d'éducation de UC Davis) qui nous a aidés avec la traduction et la reproduction de l'édition française. La traduction a été réalisé grâce au Projet Management des Ressources du Tadla, USAID/Maroc (Contrat de sous-traitance no. 608-0213-C-00-4002, UC Davis/Chemonics International).

Nous remercions Robert Kasmire, Extension Specialist Emeritus (expert émérite en vulgarisation) du département de la production végétale de l'Université de Californie à Davis et consultant spécial auprés du "Postharvest Outreach Program" (programme de vulgarisation [des techniques] post-récolte), pour son examen critique attentif et pour ses suggestions concernant la révision de la 3e édition. Nos remerciements s'adressent aussi à Pam Moyer, du département de pomologie de UC Davis, pour sa contribution aux nouvelles illustrations et à la mise en page du texte, et pour la relecture du manuel avant sa reproduction. Merci également à Don Thomas, du "Postharvest Institute for Perishables" (Institut post-récolte pour les produits périssables) de l'Université de l'Idaho, qui nous a aidés à localiser et à obtenir certains documents particulièrement peu connus sur la manutention post-récolte et la transformation des produits alimentaires. Merci enfin aux spécialistes des techniques post-récolte de l'Université de Californie, qui ont fouillé dans leurs archives pour nous fournir des matériaux pour le manuel.

Nous ont aussi aidés : nos collègues à l'étranger, et nous remercions donc Bruce Champ (Centre australien pour la recherche agricole, Canberra), Jose Emilio Suadi Hasbun (PROEXANT, à Quito, Equateur), Susan Woodhead (Institut des ressources naturelles, Kent, Angleterre), P.A. Hicks (Bureau régional de la FAO pour l'Asie et le Pacifique), Sergio Chavez Franco (Centro de Fruticultura, Mexique), Seung Koo Lee (Université nationale de Seoul, à Suwon, en Corée) et enfin l'équipe du Bureau de manutention des aliments de l'ASEAN (à Kuala Lumpur en Malaisie), de nous avoir fourni des références et l'accès à des matériaux inédits.

Dr. Lisa Kitinoja
Principal Consultant
Extension Systems International
73 Antelope Street
Woodland, California 95695, Etats-Unis

Dr. Adel A. Kader
Professor of Postharvest Physiology
Department of Pomology
University of California
Davis, California 95616, Etats-Unis

Méthodes de Manutention Post-Récolte pour Petits Exploitants: Un Manuel pour les Cultures Horticoles

TABLE DES MATIERES

	PAGE
Introduction à ce manuel	1
Etapes de la manutention pour un produit typique	2
Causes principales de pertes et de qualité médiocre	4
Références pour l'assurance de la qualité et le marketing d'exportation	5
Section 1 : Récolte et préparation à la vente	7
Normes de maturité	10
Méthodes de récolte	12
Conteneurs de récolte	13
Outils de récolte	16
Conditionnement en plein champ	21
Transport jusqu'au lieu de conditionnement	25
Section 2 : Pré-conditonnement des légumes-racines, tubéreux et bulbes	27
Pré-conditonnement en plein champ	28
Pré-conditonnement à l'air chaud	30
Systèmes en vrac	31
Pré-conditonnement en cas d'urgence	32
Section 3 : Activités de conditionnement	33
Activités générales	36
Déchargement	37
Lavage	39
Application de cire	41
Triage	42
Calibrage	46
Chaîne de conditionnement	51
Section 4 : Conditionnement et matériaux d'emballage	53
Méthodes de conditionnement	56
Conteneurs de conditionnement	58
Méthodes d'emballage	69
Etiquetage	73
Modularisation (normalisation) des conteneurs	74

TABLE DES MATIERES

	PAGE
Emballage à atmosphère modifiée ("MAP")	76
Charges unitaires	78
Section 5 : Contrôle de la pourriture et des insectes	79
Lutte chimique	82
Contrôle par l'atmosphère contrôlée ou modifiée	87
Traitements thermiques	88
Section 6 : Contrôle de la température et de l'humidité relative	89
Refrigération du local	92
Refroidissement par ventilation forcée	94
Hydro-refroidissement	98
Refroidissement par évaporation	99
Ventilation par air nocturne	104
Blessures dues au froid	105
Emploi de la glace	107
Méthodes alternatives de refroidissment	109
Augmentation de l'humidité relative	110
Section 7 : Stockage des produits horticoles	113
Températures de stockage recommandées	115
Groupes de compatibilité	119
Méthodes de stockage	122
Structures de stockage	126
Bulbes et produits séchés	144
Racines et tubercules	146
Pommes de terre	147
Stockage en atmosphère contrôlée (AC)	152
La périssabilité relative et la durée de vie commerciale des produits horticoles frais	157
Section 8 : Transport des produits horticoles	159
Véhicules couverts	160
Remorques réfrigérées	163
Disposition des piles / Chargement manuel	165
Chargement sur palettes et bâche	170
Arrimage du chargement	171
Section 9 : Manutention à destination	173
Déchargement	175
Températures de stockage	178

TABLE DES MATIERES

	PAGE
Triage /Emballage	179
Mûrissage	181
Etalage	187
Section 10 : Transformation des produits horticoles	191
Equipement de transformation	192
Préparation pour la transformation	193
Séchage solaire	195
Séchoir à air forcé	200
Séchoir à gaz	201
Séchoir électrique	203
Séchage par étuvage	204
Séchage des fleurs	205
Extraction d'huiles essentielles	207
Conserves	208
Extraction de jus	211
Autres méthodes de mise en conserve	212
Références générales	213

INTRODUCTION

L'application de la technologie post-récolte vise généralement deux objectifs: la préservation de la qualité (l'aspect, la consistance, la saveur, la valeur nutritive et la sécurité) et la reduction des pertes occasionnées entre la récolte et la consommation. La gestion adéquate pendant la période post-récolte est plutôt meilleur que l'utilisation de technologie de pointe. Les grands exploitants peuvent généralement tirer profit en investissant dans des équipements de manutention coûteux et en utilisant des procédés post-récolte de haute technologie ("high tech"). Cependant, de tels choix ne sont pas généralement rentables pour les petits exploitants, car leurs moyens sont limitée. En effet, des techniques simples et peu coûteuses s'avèrent mieux adaptées pour les exploitations commerciales de capacité réduite et de ressources limités, pour les agriculteurs commercialisant directement leur production, pour les jardiniers et pour les manutentionnaires des pays en développement.

Plusieurs innovations en technologie post-récolte ont été développée dans les pays industrialisés dans l'objectif de reduire le coût excessif de la main d'oeuvre chère et pour obtenir des produits d'aspect parfait. Cedendant, l'utilisation à long terme ces méthodes est peu probable, pour des raisons socio-économiques, culturelles et/ou écologiques. Par exemple, l'usage de pesticides aprés la récolte peut être coûteux, en argent comme en conséquences écologiques. Sur le plan local, un petit manutentionnaire pourrait se voir confronté à des conditions telles qu'une main d'oeuvre excédentaire, un crédit insuffisant pour financer une technique post-récolte, une source d'électricité non fiable, un manque de moyens de transport, d'installations de stockage et/ou de matériaux de conditionnement et d'autres problèmes. Ils ont heureusement à leur disposition un grand choix de techniques post-récolte simples et dont la plupart peuvent s'adapter aux besoins spéciaux des petits exploitants, en manutention comme en commercialisation. Parmi les méthodes décrites dans cet ouvrage, nombreuses sont celles qu'on applique avec succès depuis des années aux plantes horticoles, dans diverses parties du monde.

Tout système post-récolte est composé de nombreuses étapes interactives. Les fruits et légumes sont soumis souvent à de multiples manipulations, transports et magasinages entre la récolte et la consommation (Figure 1; FAO, 1986). Bien que chaque espèce de culture exige des méthodes particulières et une séquence de tâches variable, nous suivrons ici une série générale d'étapes pour les systèmes de manutention post-récolte.

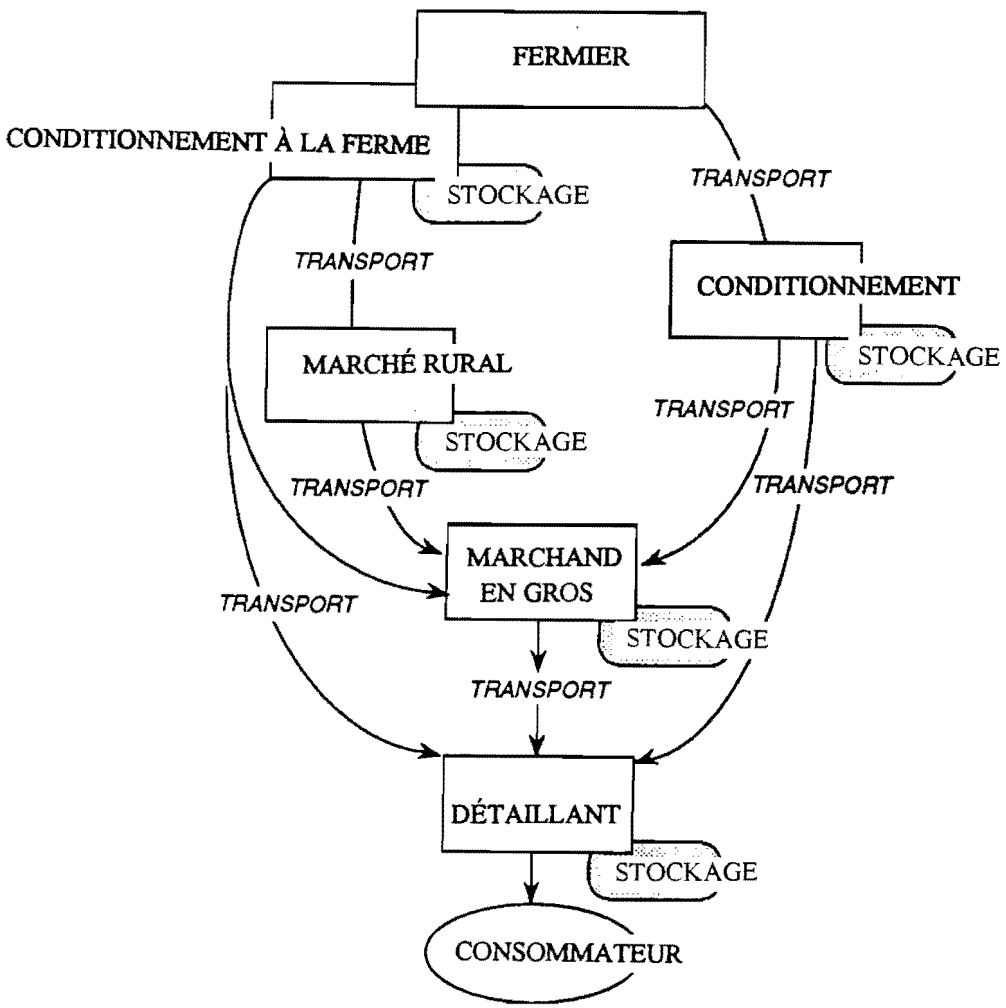


Figure 1: Étapes de manutention post-récolte pour un produit typique.

INTRODUCTION

La Section 1 décrit les méthodes de récolte et de préparation à la vente. La Section 2 contient une sélection d'exemples de techniques de maturation des légumes-racines, tubéreux et bulbes avant de procéder à d'autres traitements ou au stockage. La Section 3 illustre des méthodes élémentaires dont on peut se servir au site de conditionnement, qu'il s'agisse d'un simple hangar dans un champ ou d'un bâtiment séparé, muni d'installations de réfrigération et de stockage.

La Section 4 présente une variété de méthodes et de matériaux de conditionnement qui peuvent servir au maintien de la qualité et à réduire les blessures mécaniques pendant la manutention et le stockage. On trouvera dans la Section 5 une description des méthodes de lutte antiparasitaire. Les auteurs y suggèrent des alternatives aux traitements chimiques pour la lutte contre les insectes et les maladies.

Parmi les causes les plus communes de pertes post-récolte dans les pays en développement, citons une manutention brutale et l'inadéquation de la réfrigération et du maintien de la température (Tableau 1). Le probléme est compliqué par l'absence de triage -- qui doit éliminer les défauts avant le stockage -- et l'usage de matériaux d'emballage inadéquats. En général on maintient bien mieux la qualité et on réduit les pertes pendant le stockage en diminuant autant que possible la brutalité de la manutention, en éliminant par le triage tous les fruits et légumes endommagés ou atteints de maladie, et en gérant la température de façon efficace. Si l'on maintient la température post-récolte aussi prés du point optimal qu'il est possible pour un produit donné, la durée de préservation pendant stockage en sera prolongée. Nous décrivons dans la Section 6 des méthodes élémentaires de réfrigération. Dans la Section 7, il s'agit de locaux de stockage, de méthodes pour assurer assez de ventilation et de simples techniques de stockage en atmosphère modifiée. Nous décrivons dans la Section 8 des méthodes pouvant réduire les pertes et dans la Section 9 des méthodes de manutention à la destination (marchés en gros ou au détail).
Enfin, la Section 10 comporte des méthodes simples de transformation des produits agricoles frais, telles que la dessiccation (la séchage), les conserves et l'extraction du jus.

Tableau 1: Les causes principals des pertes post-récolte, pour divers groupes de fruits et légumes

Groupe	Causes principales de pertes et de qualité médiocre
Racines et tubercules (carottes, betteraves, pommes de terre, patates douces)	Blessures mécaniques Mauvais pré-conditionnement Germination et apparition de racines Perte d'eau (dessèchement) Pourriture
Bulbes (oignons, ail)	Blessures mécaniques Mauvais séchage Germination et apparition de racines Perte d'eau (dessèchement) Pourriture
Légumes à feuilles (laitues, bettes, épinards, oignons verts)	Perte d'eau (flétrissement) Perte de couleur verte (jaunissement) Blessures mécaniques Taux de respiration relativement élevé Pourriture
Fruits légumiers - avant maturité (concombres, courges, aubergines, poivrons, gombo, haricots verts)	Trop mûrs lors de la récolte Perte d'eau (flétrissement) Meurtrissure Blessure de réfrigération Pourriture
Fruits légumiers et fruits - à maturité (tomates, melons, agrumes, mangues fruits à noyaux)	Meurtrissure Trop mûrs (mous) lors de la récolte Perte d'eau Changements de composition Pourriture

Nous décrivons brièvement et illustrons chacune des méthodes présentées ici. Pour plus de renseignements sur une méthode particulière, nos lecteurs peuvent se référer à la source indiquée ou écrire directement aux auteurs du manuel. Les méthodes décrites ici ne sont pas censées constituer une liste exhaustive des méthodes de manutention post-

récolte, mais sont plutôt un point de départ pour les manutentionnaires de produits horticoles ayant de modestes ressources ou de petites exploitations. Nous espérons que nos lecteurs nous envoient à leur tour toute information dont ils disposeraient sur des techniques simples et peu coûteuses déjà utilisées mais ne se trouvant pas dans cette édition. Ces renseignements nous seraient fort utiles puisque nous comptons mettre ce manuel à jour chaque année. A notre avis, en appliquant quelques-unes des méthodes décrites ici, les petits exploitants pourront réduire leurs pertes de produits fermiers et ils pourront préserver la qualité de leurs fruits et légumes.

Références pour l'assurance de la qualité et le marketing d'exportation

A l'intention de ceux qui voudraient plus de détails sur les conditions requises pour l'exportation, le "Natural Resources Institute" a publié un manuel exhaustif intitulé "Manual for Horticultural Export Quality Assurance" (Manuel d'assurance de la qualité d'exportation concernant les produits horticoles). Il fournit des directives pratiques pour la gestion totale de la qualité dans les procédés post-récolte, y compris les inspections, l'hygiène, l'analyse des résidus de pesticides, l'étalonnage des instruments de réglage de la température et la tenue des dossiers. Nous recommandons vivement ce manuel à tous ceux qui exportent des produits horticoles vers des pays de l'Union européenne. (En vente chez NRI, Central Avenue, Chatham Maritime, Kent ME4 4TB, Royaume-Uni).

Egalement disponibles: les normes pour les "U.S. Grades" (classes marchandes américaines) concernant une varieté de fruits et légumes destinés soit au marché des aliments frais, soit à la transformation. Pour obtenir gratis un seul exemplaire des "U.S.Grades" pour un produit précis, prière d'écrire à: Fresh Products Branch, USDA-AMS, FV, Room 2056-S, Washington, D.C., 20250. U.S.A. Les instructions relatives à l'inspection aux Etats-Unis sont aussi disponibles avec une légère redevance en écrivant à la même adresse.

INTRODUCTION

L'Organisation de coopération et de développement économique ou OCDE (OECD en anglais) publie des livrets sur les normes internationales pour les fruits et légumes, sous le titre "International Standards of Fruits and Vegetables". Les Américains du nord sont priés de s'adresser à: OECD Publications and Information Center, 2001 L Street, N.W., Suite 700, Washington, D.C., 20036-4910. Les commandes provenant d'autres pays sont adressés à: OCDE Publications Service, 2 Rue André-Pascal, 75775 PARIS Cedex 16, France.

Protrade conseille et soutient les commerces d'Amérique latine, d'Afrique, d'Asie et d'Europe de l'Est grâce à son expertise en marketing pour les produits qui sont concurrentiels sur les marchés européens. Il existe des manuels généraux sur le commerce et le marketing des fruits frais et secs, ainsi que des manuels d'exportation (en anglais et en espagnol) concernant les asperges, mangues, avocats, papayes et ananas. S'adresser à:
Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ), Gmb H/Protrade, P.O. Box 5180, D-65726 Eschborn, Allemagne.

Il y a enfin des publications sur la récolte, la manutention post-récolte et le marketing des bananes, mangues, ramboutans, papayes et duriones en provenance du Bureau de manutention alimentaire de l'ASEAN et qui font partie d'une série du bureau sur le développement des fruits, sur la physiologie post-récolte, la manutention et le marketing ("Fruit Development, Postharvest Physiology, Handling and Marketing in ASEAN"). On peut acheter chacun de ces livres en s'adressant à: ASEAN Food Handling Bureau, Level 3, G14/G15, Pusat Bandar Damansara, 50490 Kuala Lumpur, Malaisie.

Section 1 : Récolte et préparation à la vente

Les dégâts mécaniques pendant la récolte peuvent mener à des problèmes sérieux du fait que les blessures prédisposent les fruits et les légumes à la décomposition, à une plus grande perte d'eau et à des taux accrus de respiration et de production d'éthylène, et par conséquent à une détérioration rapide. La récolte mecanisée cause généralement plus de dégâts que la récolte manuelle, bien qu'un arrachage manuel fait sans soin peut sérieusement blesser certains légumes-racines. Les conteneurs dont se servent les récolteurs dans les champs doivent être propres, lisses à l'intérieur et sans aspérités. Si les caisses superposables en plastique sont onéreuses à l'origine, elles sont par contre résistantes, réutilisables et d'un nettoyage aisé (FAO, 1989). Si l'on se sert de paniers, ils devraient être tressés "à l'envers", avec les bouts d'osier libres à l'extérieur du panier (Grierson, 1987).

Il faut que les ouvriers agricoles soient bien instruits des techniques correctes de la récolte pour réduire au minimum les dégâts et le gaspillage, et qu'ils sachent reconnaître le degré de maturité approprié au produit qu'ils récoltent. Les ouvriers doivent procéder à la récolte en cassant, en coupant ou en arrachant le fruit ou légume de la plante avec la moins de dégâts. La pointe des couteaux devrait être arrondie pour éviter autant que possible les entailles involontaires et pour épargner des dégâts excessifs aux plantes vivaces. Couteaux et cisailles devraient toujours être bien aiguisés. Il faut apprendre aux récolteurs à vider leurs sacs et/ou paniers de récolte avec soin, sans jamais jeter les fruits et légumes dans des conteneurs. Si la récolte s'effectue directement dans de grands conteneurs de vrac, on peut protéger les fruits et légumes des meurtrissures à l'aide d'une chute décélératrice en toile. Les conteneurs de plein champ, aérés et superposables, doivent rester propres et lisses.

Il importe d'éviter dans la mesure du possible d'exposer au soleil les fruits et légumes pendant et après la récolte, car, s'ils restent au soleil, ils s'échauffent et risquent une brûlure du soleil. Il faut mettre à l'ombre les conteneurs de plein champ ou les couvrir, sans serrer (par exemple, d'une toile claire, de feuilles, ou d'un autre conteneur, retourné) s'il est probable qu'on ne les retirera pas immédiatement du champ. Il est parfois possible de faire

la récolte le soir ou tôt le matin, lorsque les températures internes sont relativement basses, ce qui réduit les besoins d'énergie pour la réfrigération qui suivra. Le flux de latex est souvent moindre plus tard dans la matinée qu'il ne l'est à l'aube pour des cultures telles que les mangues et les agrumes (Pantastico, 1980). Dans ce cas, en faisant la cueillette aussi tard que possible dans la matinée, on peut aussi réduire le travail de nettoyage des fruits avant le conditionnement.

Il est essentiel de refroidir les fruits et légumes juste après la récolte, quand on les apprête pour la vente. Le refroidissement (dit aussi "prérefroidissement") consiste à retirer les produits agricoles de la chaleur du champ immédiatement après la récolte, avant toute autre manipulation. Tout retard apporté à ce refroidissement aura pour conséquences un écourtement de la vie post-récolte et une diminution de la qualité. Même un produit qui passe par plusieurs stades de refroidissement et d'échauffement se déteriore à un rythme plus lent que celui qui n'a pas été refroidi (Mitchell et autres, 1972).

Un maniement brutal pendant la préparation à la vente augmente les blessures et dégâts mécaniques et limite les bienfaits du refroidissement. Il faut que les routes entre le champ et le hangar de conditionnement soient nivelées et libres de grosses ornières, bosses et trous. Les caisses employées dans les champs doivent être bien arrimées durant le transport et, si elles sont superposées, ne doivent pas être trop remplies. Les vitesses de transport doivent être adaptées à la qualité et à l'état des routes et il faut maintenir en bon état la suspension des camions et/ou des remorques. La réduction de la pression des pneus des véhicules de transport entraîne une diminution correspondante du mouvement transmis aux produits agricoles (Mitchell dans Kader, 1992).

Toute méthode qui réduit le nombre de manipulations du produit réduit aussi les pertes. Grâce au conditionnement en plein champ (sélection, triage, calibrage et emballage des fruits et légumes au moment de la récolte), peut réduire le nombre d'étapes de manutention avant la vente. On peut concevoir des stations de conditionnement, petites et mobiles,

établies en plein champ, qui se déplaceront avec les récolteurs et qui leur offriront de l'ombre pendant les activités de conditionnement.

Normes de maturité

Les normes de maturité sont definies pour nombreuses produits horticoles (fruits, légumes et fleurs). La récolte au point correct de maturité permet aux manutentionnaires de manipuler des produits de bonne qualité. Il se peut que des cultures récoltés trop tôt manquent de saveur et qu'elles ne mûrissent pas comme elles le devraient; par contre, les plantes récoltés trop tard pourraient être fibreuses ou trop mûrs. Les cueilleurs peuvent être formé pour apprendre les méthodes d'identification des produits agricoles prêts a la récolte. Le tableau ci-dessous, montre quelques exemples d'indices de maturité (Reid d'aprés Kader, 1992).

Indice de maturité	Exemples
Couleur	Tous les fruits, et la plupart des légumes
Apparition d'une couche d'abscission	Certains melons, pommes
Fermeté	Fruits à noyaux
Morphologie de la surface	Formation de cuticule sur les tomates Peau réticulée sur certains melons Brillance pour certains fruits Apparition de cire
Taille	Tous les fruits et de nombreux légumes
Densité	Cerises, pommes de terre
Forme	Rondeur des mangues
Solidité	Laitue, chou
Facteurs de composition	
Teneur en sucre	Fruits à noyaux, raisins
Teneur en acide, rapport acide/sucre	Agrumes, melons, grenades
Quantité de jus	Agrumes
Astringence, quantité de tanin	Kakis, dattes

Source: Kader, A.A. 1983. "Postharvest Quality Maintenance of Fruits and Vegetables in Developing Countries." (Maintenir la qualité post-récolte des fruits et légumes dans les pays en développement) Dans: Lieberman, M. Post-Harvest Physiology and Crop Preservation. Plenum Publishing Corporation. pp. 455-469

Normes de maturité

Le degré de maturité des légumes, qui détermine le moment de la récolte, varie considérablement selon la partie de la plante qui sert d'aliment. On trouvera dans le tableau ci-dessous quelques exemples d'indices de maturité des légumes.

Culture	Indice
Aubergine	Bonne taille mais toujours tendre (trop mûre si décolorée)
Carottes	Assez grandes, croquantes (trop mûres si moelleuses)
Melon brodé	Se sépare facilement de la plante quand on le tord, laissant une cavité nette.
Poivron vert	La couleur vert foncé devient terne ou rouge.
Tomate	Couleur verte devient rose, les graines glissent quand on coupe le fruit.

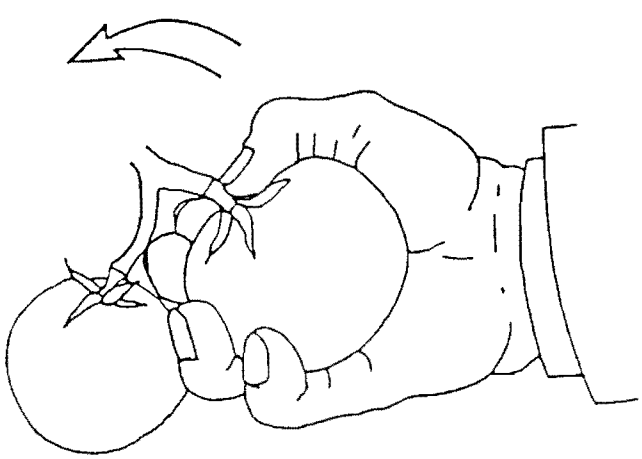
Source: Bautista, O.K. et Mabesa, R.C. (Edit.), 1977. Vegetable Production. (Production de légumes). University of the Philippines at Los Banos.

Méthodes de récolte

Il faut que les méthodes de récolte occasionnent aux produits agricoles un minimum de dégâts mécaniques. Pour réduire les pertes, arracher, cueillir et manier les produits en douceur.

Cueillir avec précaution pour éviter l'endommagement :

Dans le cas de certaines plantes, un point de cassure se forme naturellement à la jonction du tronc et de la tige quand la plante est mûre. Les cueilleurs devraient saisir le fruit ou légume avec fermeté et douceur et tirer vers le haut, comme dans l'illustration ci-dessous. Pour réduire les dégâts mécaniques pendant la récolte, porter des gants de coton, se couper les ongles à ras, et se débarrasser de bijoux tels que bagues et bracelets.



Source: FAO. 1989. Prevention of Post-Harvest Food Losses: Fruits, Vegetables and Root crops. A Training Manual. (Prévention des pertes d'aliments après la récolte : fruits, légumes et légumes-racines. Un manuel de formation) Rome : UNFAO. 157 pp.

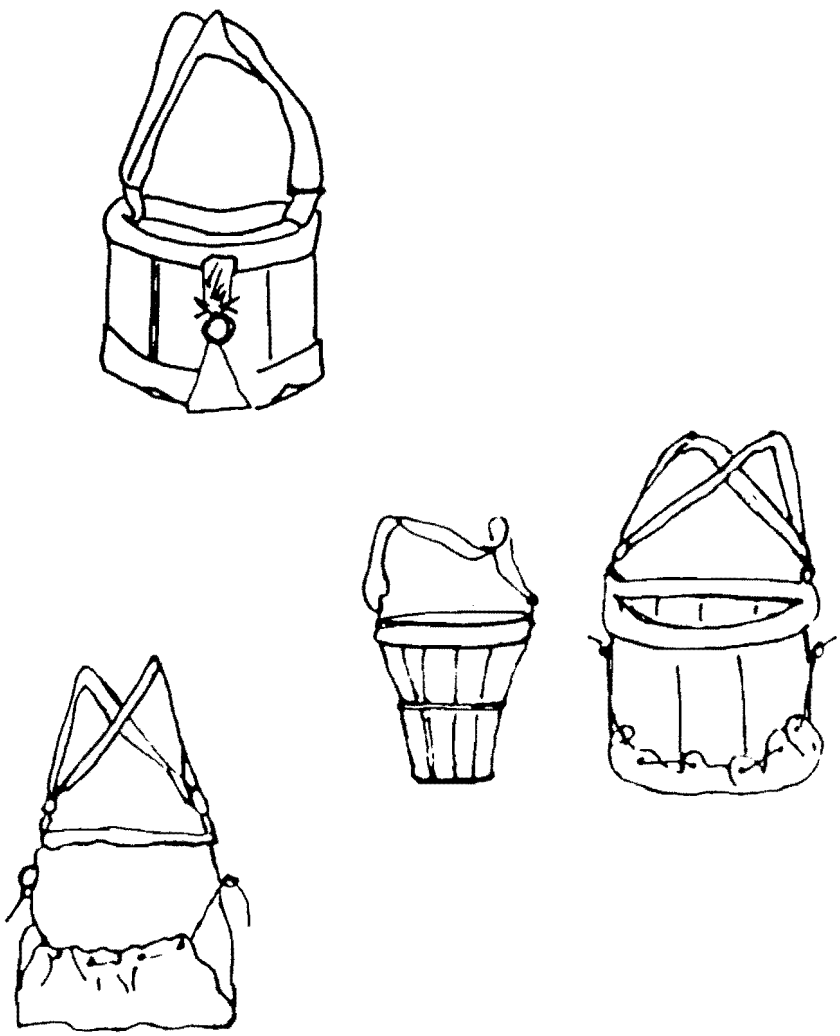
Méthodes de récolte

Quand on récolte une petite quantité de légumes-feuilles pour son usage personnel ou pour la vente dans un étal du bord de la route ou un marché de agricoles, on trouvera utile d'avoir sous la main un petit bassin d'eau froide pour refroidir les légumes. On peut l'apporter directement au champ pour l'usage des cueilleurs sur le terrain. Il faut changer l'eau à chaque nouvel apport de légumes. Le refroidissement des légumes-feuilles à l'aide d'eau froide au moment de la récolte permet de maintenir leur qualité et d'éviter le flétrissement.

Source : Minnich, J. 1983. Gardening for Maximum Nutrition. (Jardiner pour le maximum de nutrition). Emmaus, Pa. Rodale Press.

Conteneurs de récolte

On trouve des paniers, sacs et seaux de récolte de formes et tailles très diverses. Pour fabriquer ces conteneurs de récolte, on peut coudre des sacs ouverts aux deux bouts, ajuster du tissu au fond ouvert de paniers déja faits, équiper des sacs de courroies réglables, ou tout simplement ajouter des sangles de transport à un petit panier. Voir les quelques exemples illustrés ci-dessous.

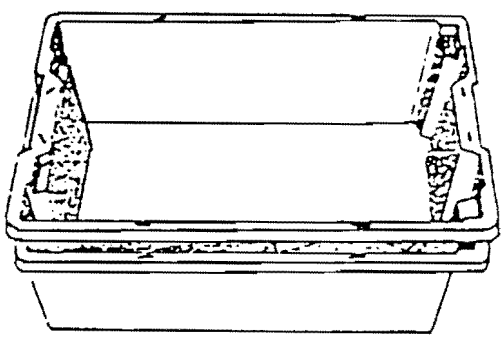


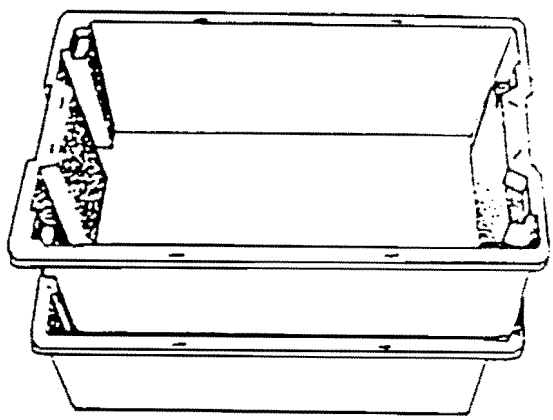
Source : Friend Manufacturing Corporation, Prospect Street, P.O. Box 385, Gasport, New York 14067, U.S.A.

Conteneurs de récolte

Les caisses en plastique sont relativement chères, mais résistantes, réutilisables et faciles à nettoyer. Une fois vides, on peut les emboîter pour gagner de la place pour le stockage ou le transport. Pleines, elles peuvent être superposées, à condition de tourner chaque caisse dans la direction opposée à celle de la caisse d'en-dessous.

Caisses en plastique, superposables et réutilisables :

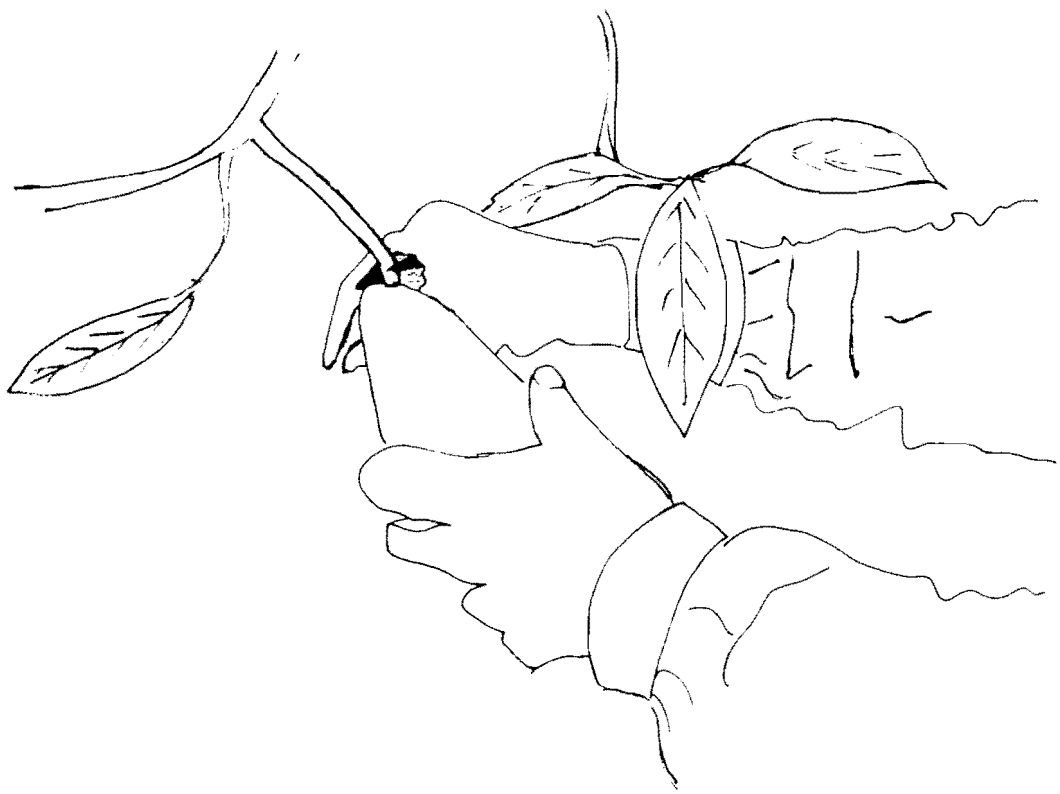




Source: FAO. 1989. Prevention of Post-Harvest Food Losses: Fruits, Vegetables and Root crops. A Training Manual (Prévention des pertes d'aliments après la récolte : fruits, légumes et légumes-racines. Un manuel de formation) Rome UNFAO 157 pp

Outils de récolte

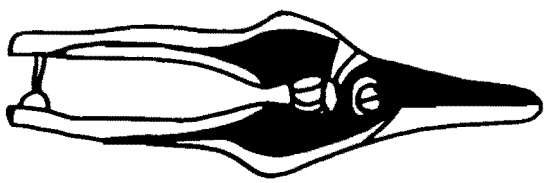
Il faut couper certains fruits pour les détacher de la plante-mère. Les sécateurs ou couteaux doivent rester bien aiguisés. On doit couper les pédoncules, tiges ligneuses ou dards aussi près que possible de la base pour éviter que les fruits n'en blessent d'autres pendant le transport.



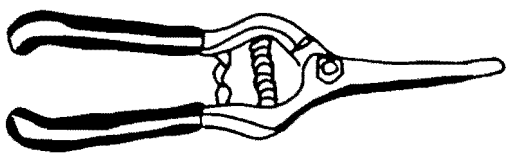
Outils de récolte

On se sert souvent de sécateurs pour cueiller des fruits, certains légumes et des fleurs. Il existe divers modèles, ceux qu'on tient en main, ceux qui sont montés sur un long manche (cueille-fruits) et enfin des sécateurs qui coupent tout en retenant la tige du produit coupé. Cette particularité permet de cueillir des fruits sans être muni d'un sac et sans laisser tomber les fruits.

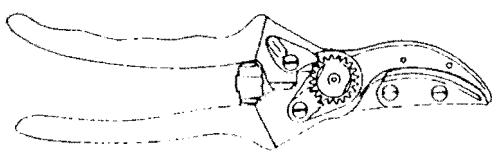
Sécateurs manuels à lame droite pour fruits et fleurs :



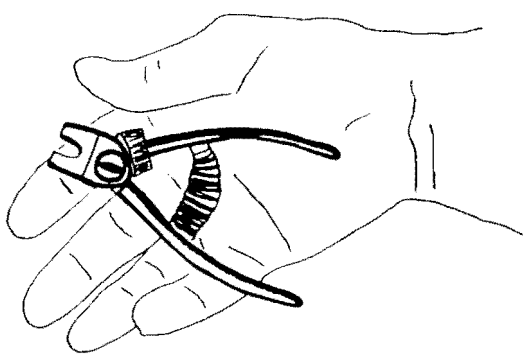
Lame mince et recourbée pour raisins et autres fruits :



Sécateurs manuels qui coupent et retiennent :



Cisailles pour agrumes:

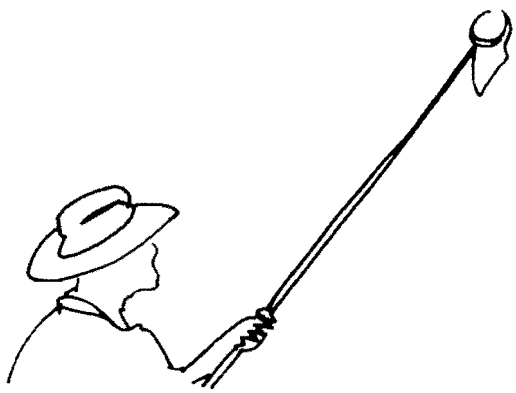


Cueille-fruits qui coupe et retient :

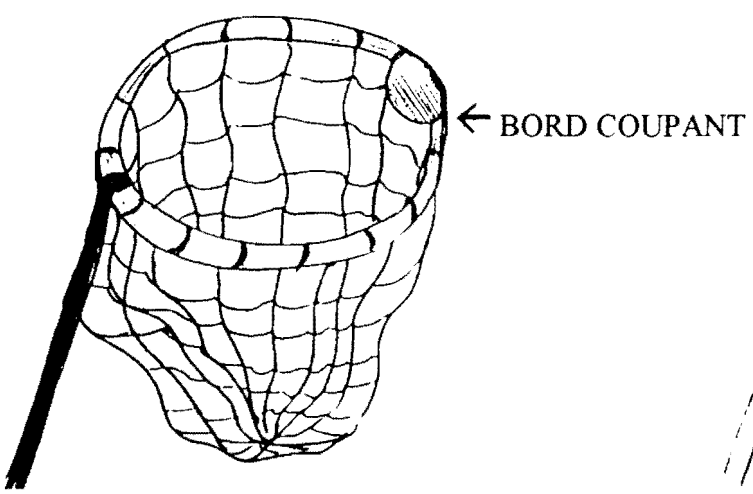
Outils de récolte

On peut se servir d'une lame montée sur une longue perche pour la cueillette de mangues et d'avocats, par exemple, lorsque les fruits sont difficiles à atteindre. Il faut que les lames restent bien aiguisées et que la poche où tombent les fruits soit relativement petite. L'angle de la lame comme la forme du sac peuvent affecter la qualité du fruit cueilli; il importe donc de bien vérifier la performance de nouveaux outils avant de s'en servir.

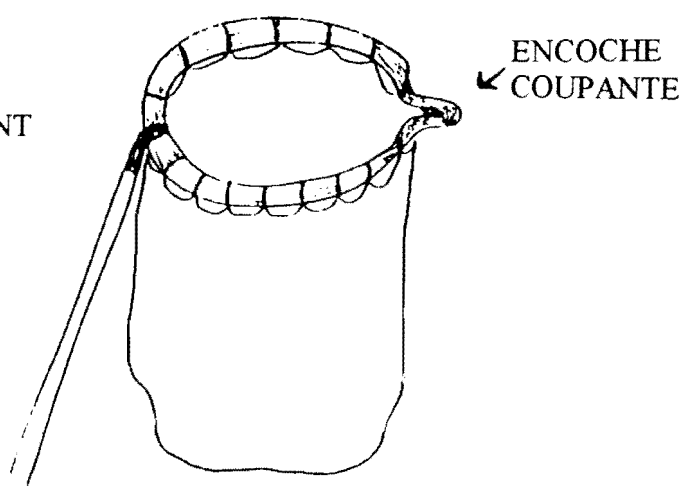
Emploi d'un cueille-fruits :



On peut fabriquer soi-même les cueille-fruits et les poches pour recueillir les fruits, ou bien on peut les acheter aux fournisseurs de produits horticoles. Les poches illustrées ci-dessous sont faites de corde solide tissée à la main ou de toile cousue. Pour l'anneau formant le bord de la poche et pour les lames, on emploie de la tôle, des tube en acier ou de la ferraille recyclée.



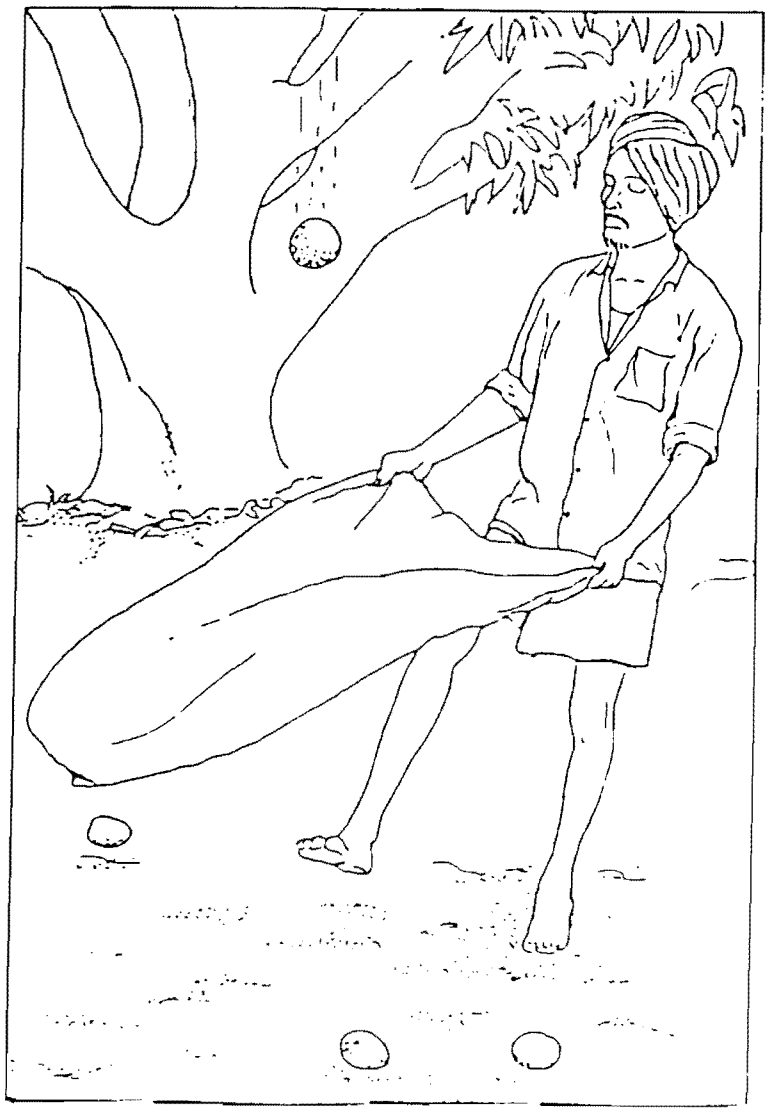
Poche à fruits tissée main



Sac de toile pour recueillir les fruits

Outils de récolte

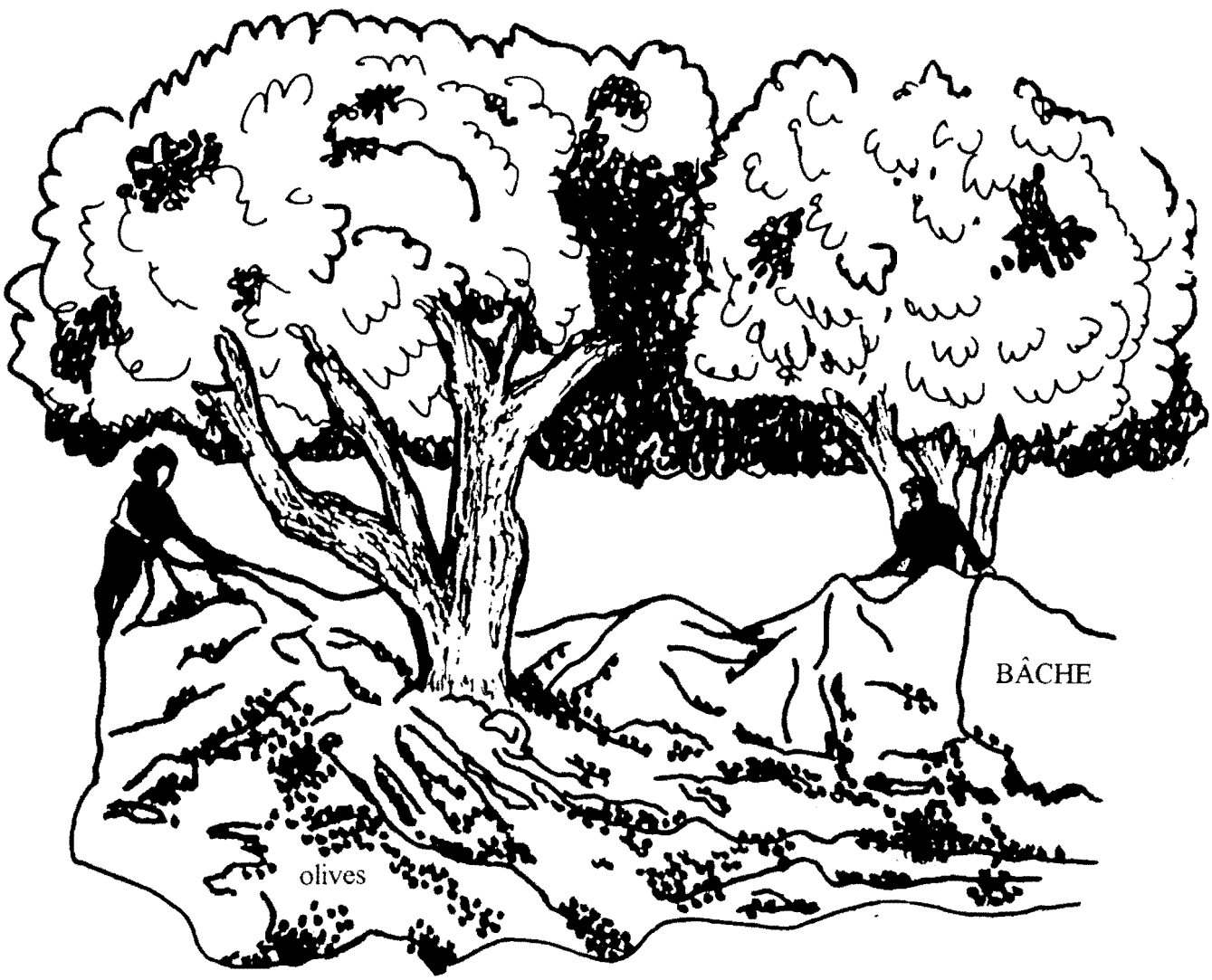
Les arbres fruitiers étant parfois très hauts, les fruits coupés qu'on laisse tomber sur le sol risquent d'être sérieusement endommagés. Si deux cueilleurs travaillent ensemble, l'un peut couper ou détacher les fruits de l'arbre, tandis que l'autre peut les attraper dans une poche avant qu'ils touchent le sol. "L'attrapeur" se sert de ses mains et d'un pied pour soutenir la poche, attrape le fruit tombant, puis abaisse l'autre bout de la poche pour permettre au fruit de rouler sans danger sur le sol.



Source: FAO. 1989. Prevention of Post-Harvest Food Losses: Fruits, Vegetables and Root crops. A Training Manual. (Prévention des pertes d'aliments après la récolte : fruits, légumes et légumes-racines. Un manuel de formation) Rome : UNFAO. 157 pp.

Outils de récolte

Contrairement à la plupart des fruits du genre "noix", il ne faut pas gauler les pistaches pour les récolter, à cause de leur coque ouverte et d'une teneur en eau relativement élevée. La méthode de cueillette illustrée ci-dessous donne de bons résultats quand on l'applique aux pistaches et aux olives. On étale sous l'arbre en question des feuilles de plastique ou des bâches de toile et on secoue ensuite l'arbre par machine ou manuellement (en frappant les branches avec des maillets) jusqu'à ce que les fruits tombent. Dans l'illustration ci-dessous, deux cueilleurs ramassent un drap couvert de fruits.

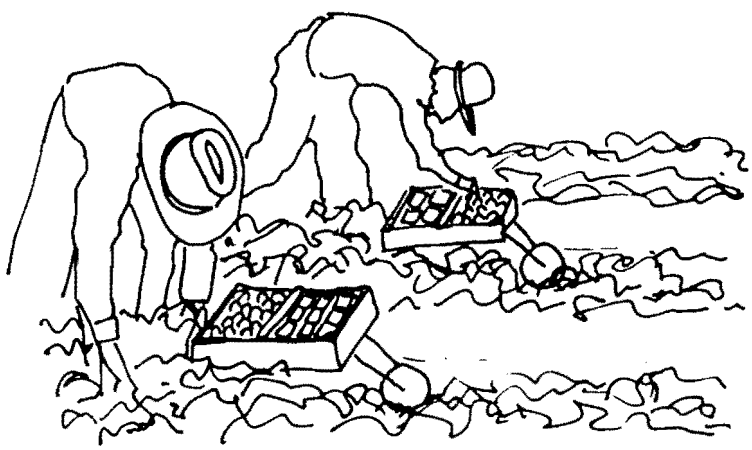


Conditionnement en plein champ

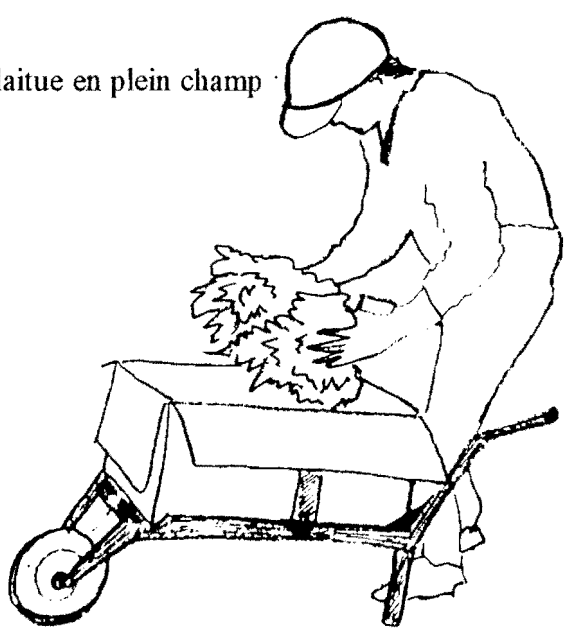
Dans le conditionnement en plein champ, just après avoir fait sa récolte, l'ouvrier agricole procède à son conditionnement, avec un minimum de manipulation. C'est généralement le cas pour les fraises puisque la moindre manipulation peut endommager ces fruits délicats. Quand on conditionne ainsi la laitue, on laisse plusieurs feuilles "d'emballage" autour de chaque plante pour servir de tampon pendant le transport.

On peut se servir d'une petite brouette pour minimiser le travail de l'ouvrier. Les brouettes illustrées ci-dessous ont une seule roue avant; on peut les pousser le long de chaque rangée devant l'ouvrier.

Conditionnement des fraises en plein champ :

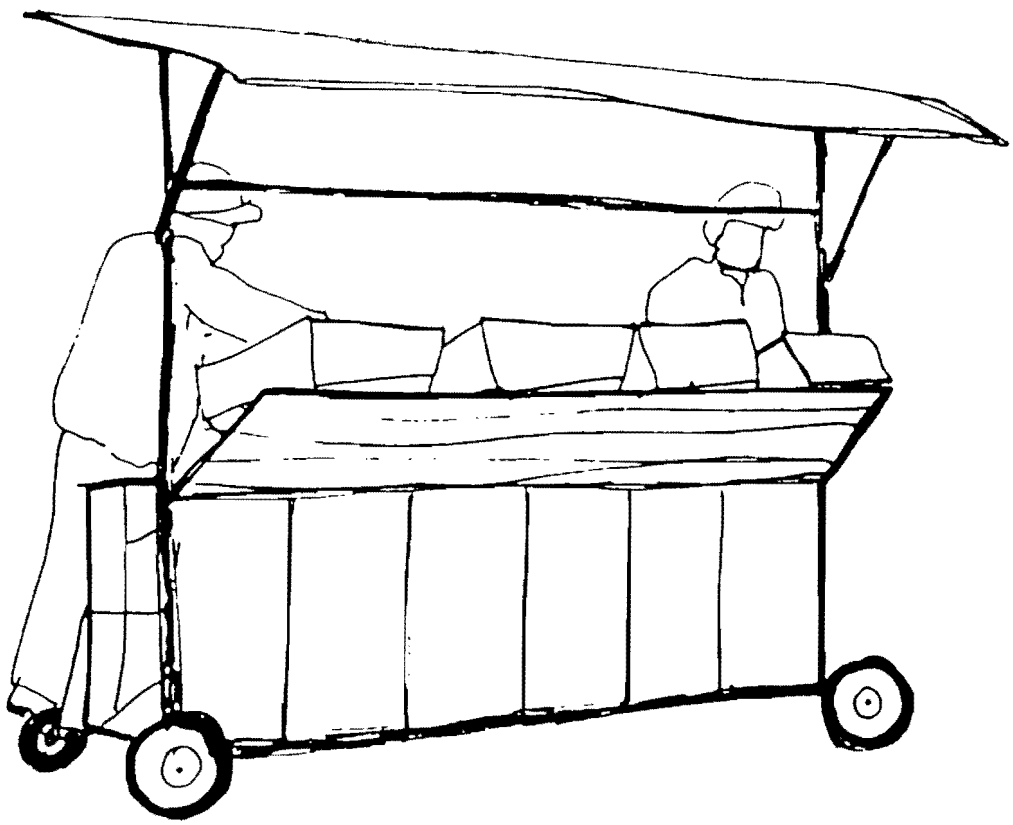


Conditionnement du laitue en plein champ :



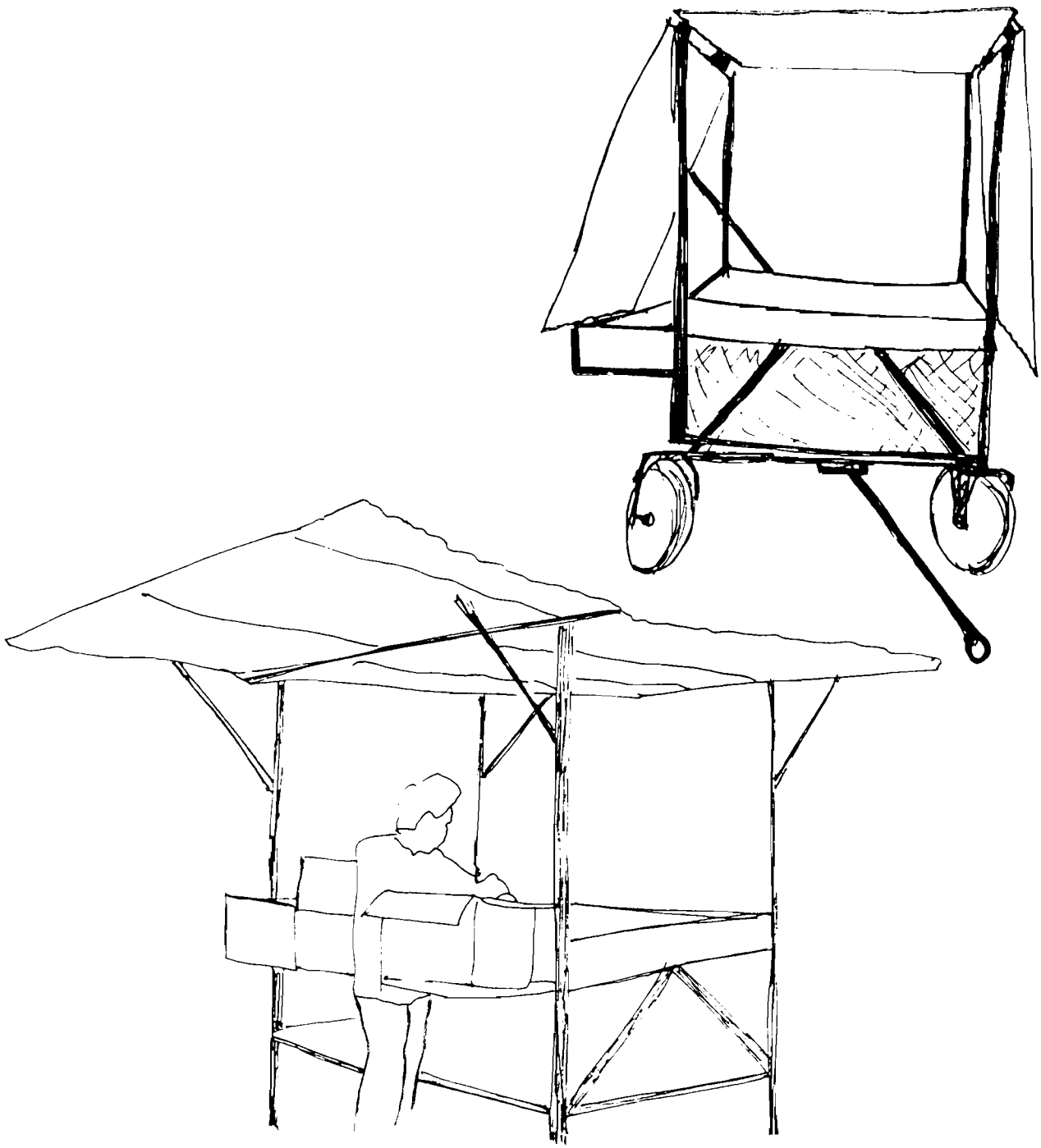
Conditionnement en plein champ

Les ouvriers chargés du conditionnement en plein champ trouveront utile cette simple charrette. Elle est munie d'un râtelier pour les caisses et d'un toit pour abriter du soleil la cueillette. La charrette est conçue pour être poussée le long du bord extérieur du petit champ où se fait la récolte.



Conditionnement en plein champ

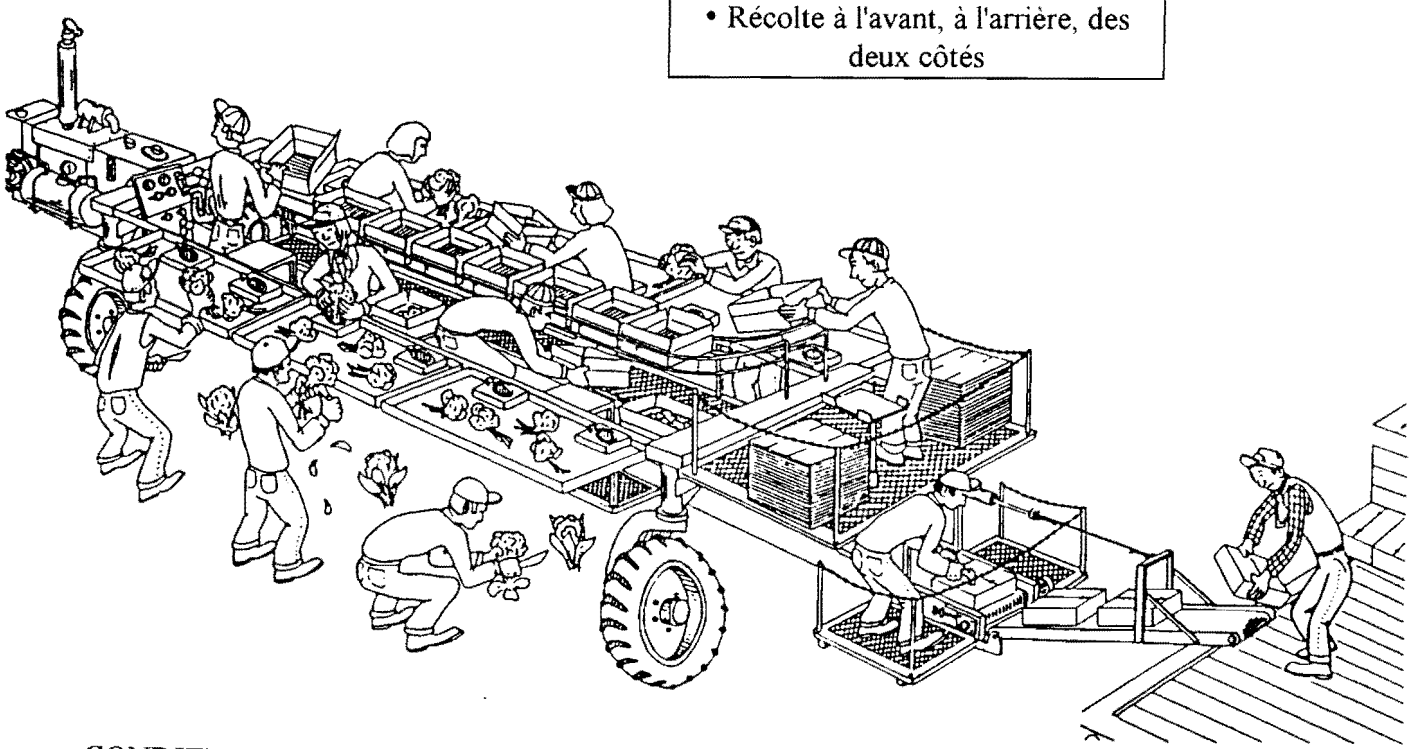
Cette charrette pour conditionnement en plein champ est conçue pour être remorquée par un petit tracteur jusqu'au champ où se fait la récolte. Un véhicule de ce genre peut être utilisé pour le conditionnement en plein champ de plusieurs sortes de cultures. Le toit se replie pour faciliter le transport et se déploie pour assurer l'ombre aux ouvriers ainsi qu'au produit. Le modèle de charrette peut être modifié à volonté pour s'adapter à diverses cultures et activités.



Conditionnement en plein champ

Un système automoteur de conditionnement en plein champ permet aux ouvriers agricoles de couper, de tailler, de lier/emballer et de conditionner en plein champ, éliminant ainsi les frais de l'exploitation d'un hangar de conditionnement. Dans l'illustration ci-dessous, un camion-plateau se déplace le long du système de conditionnement en plein champ, et les produits agricoles déjà conditionnés sont chargés pour le transport.

OPTIONS :
- Nombre de positions de travailleurs par côté.
- Espacement des rangées
- Garde au sol
- Récolte à l'avant, à l'arrière, des deux côtés

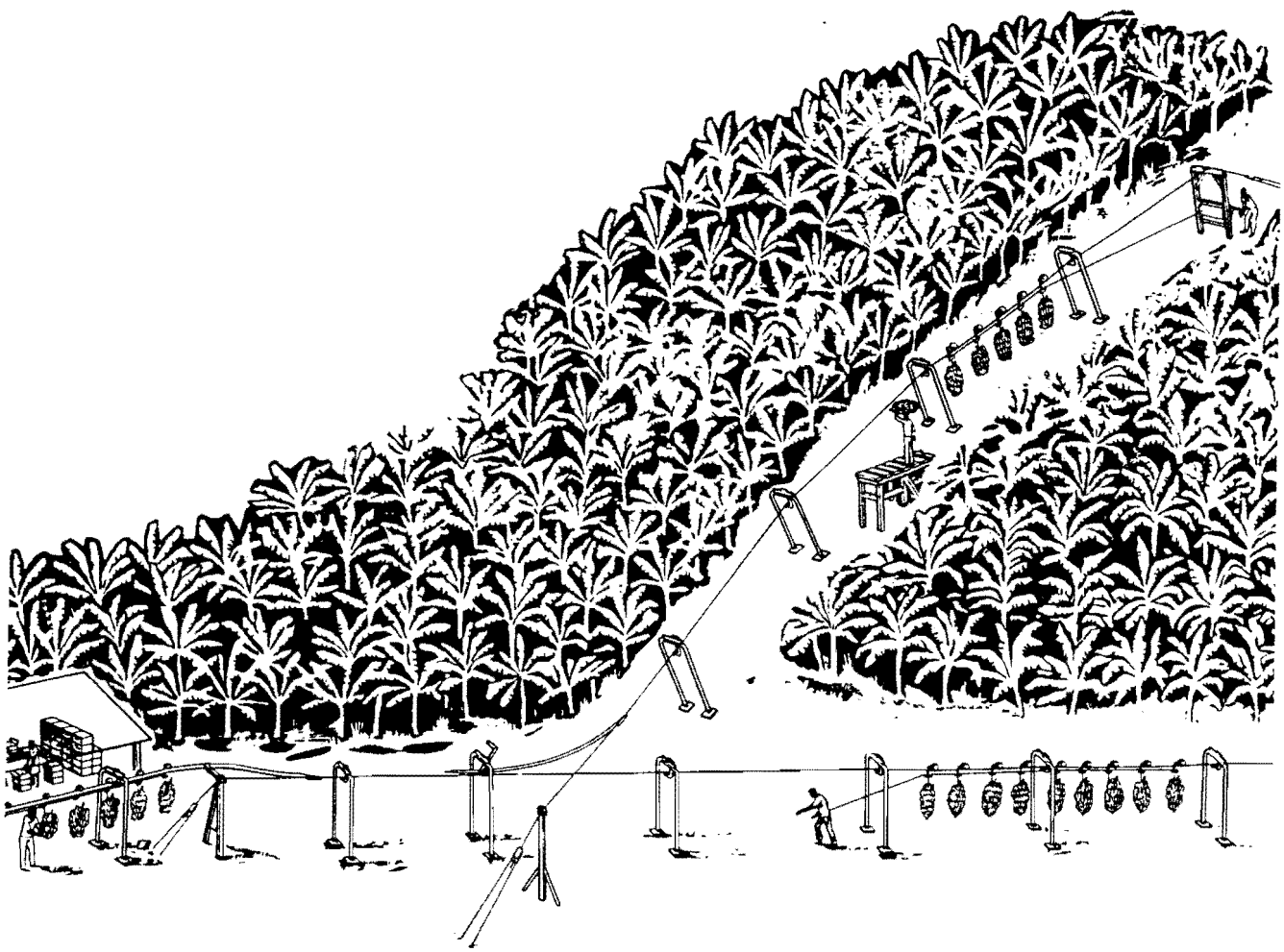


CONDITIONNEMENT AUTOMOTEUR SUR LE TERRAIN

Source : Highlander Ramsay Welding Machine Promotional Brochure (Brochure de promotion pour la soudeuse Highlander Ramsay) 1993.

Transport jusqu'au lieu de conditionnement

Lorsque la récolte s'effectue à une certaine distance du lieu de conditionnement, il s'agit de transporter la récolte avant de la conditionner. Ci-dessous : la chaîne de manutention pour bananes commandée par gravité nous montre jusqu'à quel point on peut réduire la manutention en préparant le produit pour la vente. Une fois cueillies, les bananes arrivent aux quais placés le long du trajet de la chaîne, puis on les soulève et on les suspend à des crochets attachés au fil de métal. La vitesse de transport est sous le contrôle d'ouvriers qui acheminent les bananes jusqu'au site de conditionnement au bas de la colline.



Source : NIAE. 1977. Banana Conveyor. (Chaîne de manutention pour bananes). Tropical Agricultural Engineering Information. O.D. Bulletin No. 7. National Institute of Agricultural Engineering, Silsoe, Bedfordshire, Angleterre. 15 pp.

Section 2 : Pré-Conditionnement des légumes-racines, tubercules et bulbes

Il est important de soumettre les légumes-racines et tubercules, tels que patates douces, pommes de terre, manioc et ignames, à un traitement de pre-conditionnement si ces légumes doivent être stockés pendant un certain temps. Ce traitement s'effectue en maintenant les légumes à une température et une humidité relative élevées pendant plusieurs jours pour permettre aux blessures de la récolte de guérir et à une nouvelle couche de cellules, une couche protectrice, de se former. Même si le traitement coûte cher au départ, la vie du produit emmagasiné en est suffisamment prolongée pour que la méthode soit rentable.

Les meilleures conditions de traitement varient d'un produit à l'autre, comme l'indique le tableau ci-dessous :

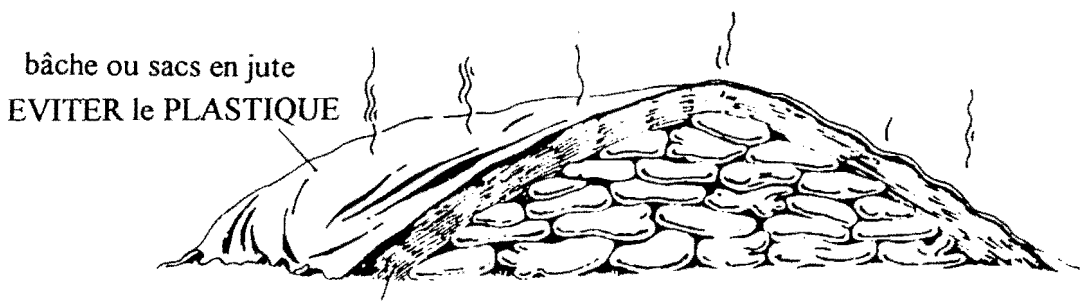
Produit	Température °C	°F	Humidité relative (%)	Durée (Jours)
Pommes de terre	15-20	59-68	90-95	5-10
Patates douces	30-32	86-90	85-90	4-7
Ignames	32-40	90-104	90-100	1-4
Manioc	30-40	86-104	90-95	2-5

Le traitement de maturation, lorsqu'il s'agit d'oignons, d'ail et d'oignons à fleurs, signifie que, juste après la récolte, on laisse sécher les couches extérieures de peau et les tissus du col avant la manutention et le stockage. Si les conditions atmosphériques locales le permettent, on peut couper ces cultures, les aligner sur le sol et les laisser sécher de 5 à 10 jours. On peut utiliser les fanes des plantes pour couvrir et ombrager les bulbes pendant le traitement, pour les protéger d'une chaleur excessive et des brûlures du soleil. Si l'on se sert de ventilation forcée (air chaud) pour traiter les oignons et autres plantes à bulbes, il est recommandé de les laisser, pendant une journée au maximum, à 35-45 C (95 à 1131F) et à une humidité relative de 60 à 75%. Les couches de "peau" desséchée empêchent alors les bulbes emmagasinés de perdre beaucoup d'eau.

Pré-conditionnement en plein champ

On peut effectuer en plein air le traitement de pré-conditionnement des ignames et d'autres cultures tropicales (légumes-racines et tubercules), à condition de les entasser dans un endroit partiellement ombragé. On peut se servir d'herbe coupée ou de paille comme matériaux isolants et on doit couvrir le tas de bulbes de toile, de jute ou de nattes de paille. Le procédé exige une température et une humidité relative élevées et cette couverture retiendra la chaleur et l'humidité spontanément générés. On doit laisser le tas couvert pendant quatre jours environ.

Vue en coupe de la maturation des ignames



Au moins 15 cm de profondeur d'herbe coupée
au-dessus des ignames

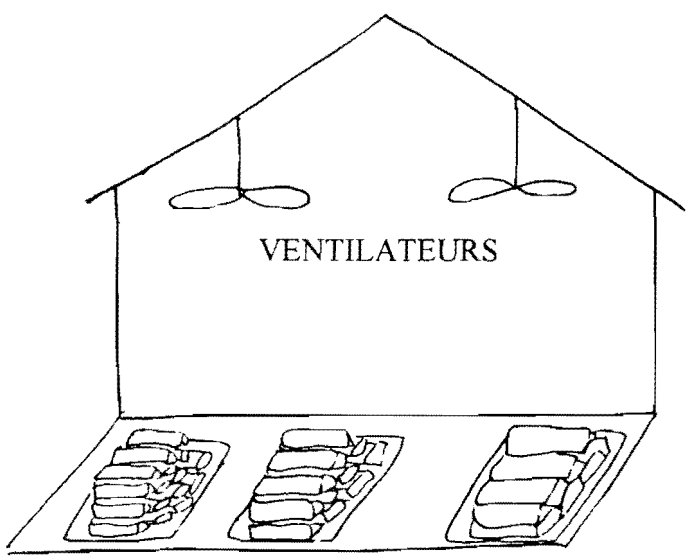
Source : Wilson, J. Pas de date. Careful Storage of Yams: Some Basic Principles to Reduce Losses (Stockage prudent des ignames : principes de base pour limiter les pertes.) Londres : Commonwealth Secretariat/International Institute of Tropical Agriculture/IITA, Ibadan, Nigeria.

Pré-conditionnement en plein champ

On peut pré-conditionner les oignons et l'ail en plein champ dans les régions où l'époque de la récolte coïncide avec la saison sèche. On peut soit les sécher en les alignant sur le sol ou en les mettant dans de grands sacs de fibre ou de filet. Les bulbes peuvent rester dans les champs pendant cinq jours; il faut ensuite les vérifier chaque jour jusqu'à ce que la peau extérieure et les tissus du col soient suffisamment séchés. La durée du séchage peut s'étendre jusqu'à 10 jours, selon les conditions atmosphériques.

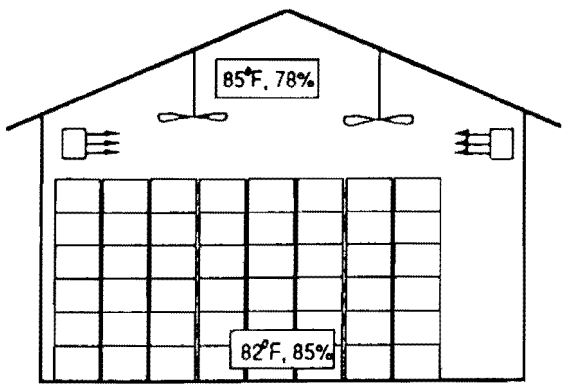
Le pé-conditionnement en plein champ peut être réaliser dans des hangars ventilés dans les régions trés ensoleillées et trés humides ou dans les régions ou le mouvement naturel de l'air et trés faible. On peut mettre a l'ombre les sacs contenant les bulbes, sur des bâches de toile et surmontés d'un ou deux ventilateurs plafonniers.

Séchage sous l'ombre et par la ventilation :



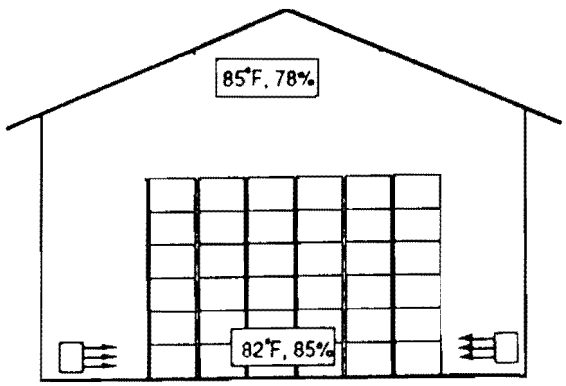
Pré-conditionnement à l'air chaud

On obtient la distribution la plus uniforme de la chaleur quand on introduit celle-ci près du niveau du sol dans le bâtiment servant au traitement de maturation. On peut placer les radiateurs sur le plancher près des bacs de légumes, ou bien faire venir l'air chaud par une tuyauterie provenant de l'extérieur. Pour obtenir une humidité relative élevée, on mouille le plancher ou l'on se sert d'un appareil réfrigérant par évaporation, sans laisser entrer l'air extérieur.



85°F = 30°C

Si les radiateurs se trouvent près du plafond, on peut se servir de ventilateurs plafonniers pour redistribuer la chaleur et la faire descendre dans la salle. Il faut superposer les bacs de façon à laisser un espace de 10 à 15 cm (4 à 6 pouces) entre les rangées pour assurer une circulation d'air suffisante.



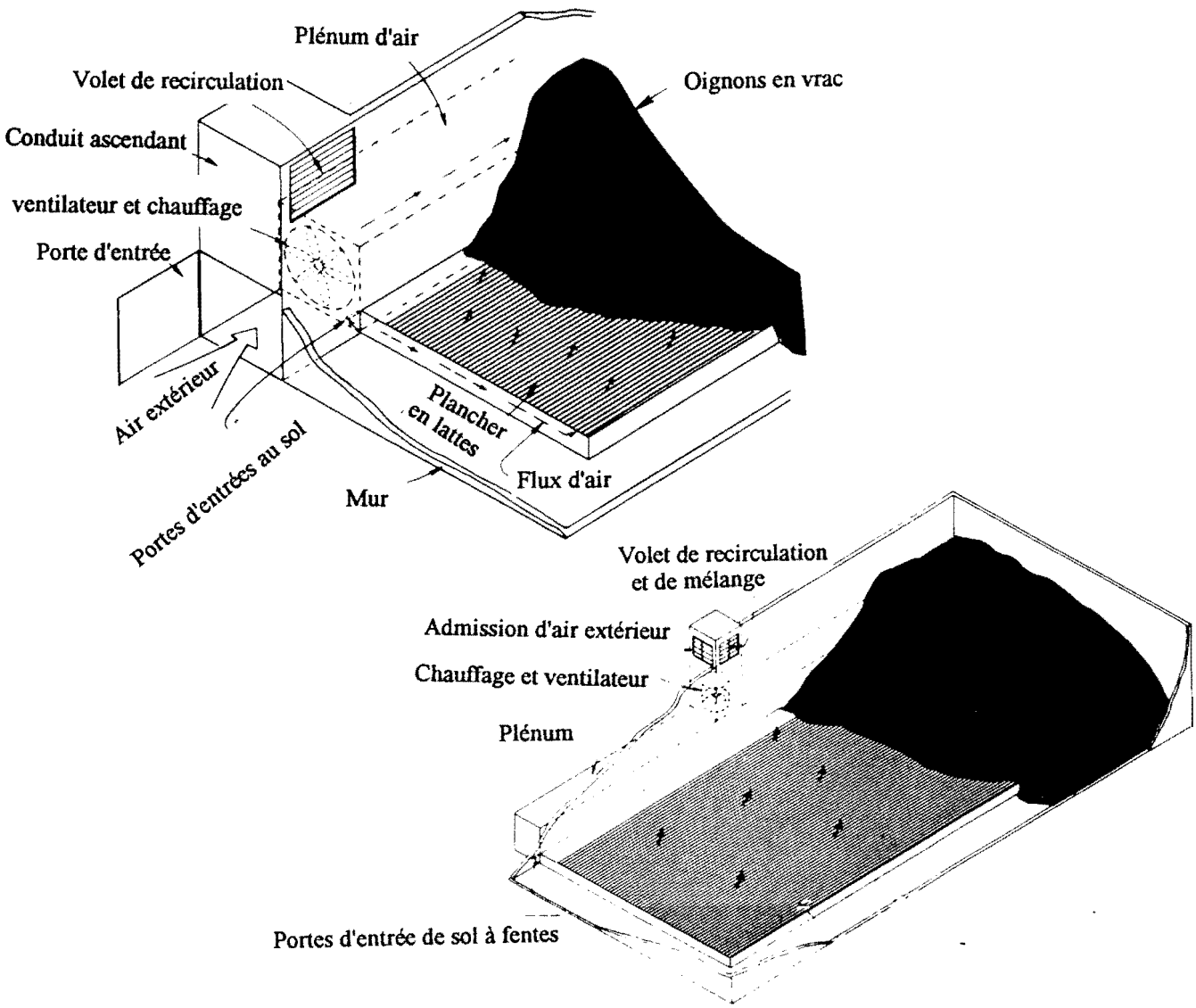
82°F = 28°C

Source : Thompson, J. & Scheuerman, R.W. 1993. Curing and Storing California Sweetpotatoes (Traitement et stockage des patates douces de Californie). Merced County Cooperative Extension, Merced, California.

Systèmes de pré-conditionnement d'oignons en vrac

Un système de pré-conditionnement en vrac exige un ventilateur, un radiateur et un plancher en grilles. Les illustrations ci-dessous indiquent comment faire entrer l'air, le chauffer et le faire circuler à travers un lot d'oignons en vrac dans la salle de séchage. Une ouverture d'échappement près du plafond recycle l'air chauffé.

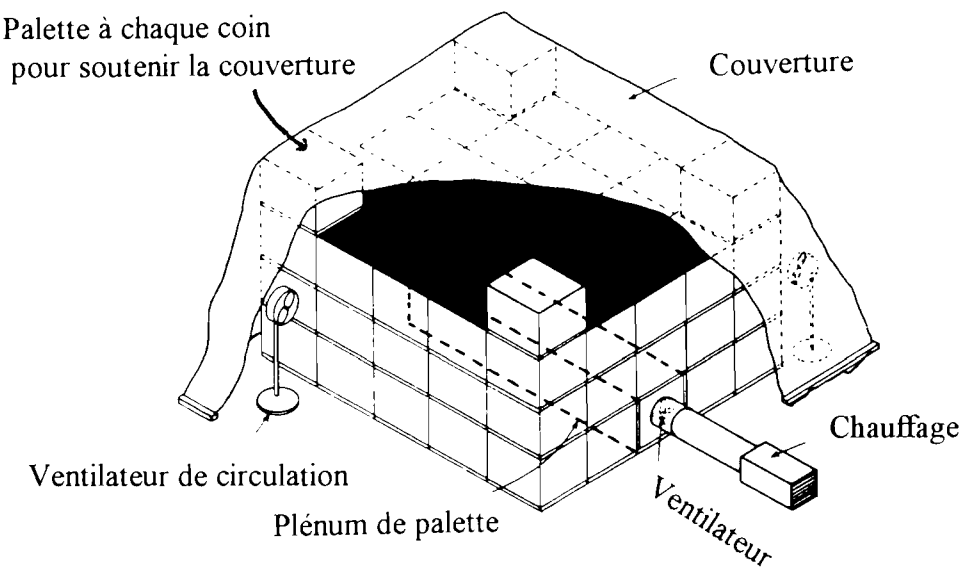
En utilisant l'air chauffé, on risque facilement de sécher excessivement les bulbes, ce qui mènerait à la perte des écailles externes et l'exposition des couches charnues se trouvant au-dessous. Il faut régulièrement vérifier les oignons soumis au séchage pour éviter un séchage excessif.



Source : Davis, H.R. et autres. Pas de date. "Storage Recommendations for Northern Grown Onions" (Recommandations de stockage des oignons "Northern Grown"). Information Bulletin 148. Ithaca, NY. Cornell University Extension.

Pré-conditionnement en cas d'urgence

Si la pluie ou des champs inondés empêchent le séchage en plein champ et qu'il n'y a pas d'installation couverte pour le séchage, on peut se servir d'une tente improvisée pour sécher les oignons. Dans l'illustration ci-dessous, on s'est servi de grandes bâches pour construire une tente. On force de l'air chaud à entrer dans un creux (appelé un "plenum") au milieu des bacs d'oignons. On utilise plusieurs ventilateurs pour faire circuler l'air chaud à travers les oignons pendant le procédé de séchage.



Source : Davis, H.R. et autres. Pas de date. "Storage Recommendations for Northern Grown Onions" (Recommandations de stockage des oignons "Northern Grown"). Information Bulletin 148. Ithaca, NY. Cornell University Extension.

Section 3: Activités de conditionnement

Les activités de conditionnement peuvent être la simplicité même, comme lorsqu'on déverse les produits agricoles du bac utilisé dans les champs en un conteneur d'expédition -- ou bien il peut s'agir de multiples activités telles que le nettoyage, l'application de cire, le calibrage ou le triage selon la qualité et la couleur. Il est extrêmement important que les activités de conditionnement se déroulent dans un endroit ombragé. On peut faire de l'ombre a l'aide de feuilles de palmier, d'un écran de maille de plastique, ou d'une toile tendue entre des mâts provisoires, ou bien s'abriter dans un bâtiment couvert. En choisissant un site pour le conditionnement, il faudra considérer l'accès au champ et au point de vente, assez de place pour l'entrée et la sortie des véhicules, et un accès facile pour la main d'oeuvre (Proctor, 1985).

Dans le plus simple des hangars de conditionnement, on livre directement les fruits et les légumes aux travailleurs dans les caisses de récolte et immédiatement après la récolte. Ensuite les ouvriers trient les produits, ils les divisent selon la qualité et la grandeur, et enfin les emballent directement dans les conteneurs d'expédition. Pour cette phase, il faut que chaque ouvrier s'y connaisse en matière de défauts des fruits et légumes, de la qualité et du calibre, ainsi que des méthodes de conditionnement. Au fur et a mesure que l'envergure et la complexité du conditionnement augmentent, il se peut qu'on ajoute des phases d'activité et des ouvriers formés pour des tâches précises.

Le déchargement

Il faut de toute façon retirer le produit du bac ou autre récipient de récolte et l'acheminer a travers le hangar de conditionnement. Cette première étape s'appelle le déversement. Il faut y procéder en douceur, soit par les méthodes "humides" (avec l'aide d'eau courante), soit par les méthodes "sèches" (sans eau). Dans le déversement humide, on peut protéger les produits délicats des meurtrissures et abrasions en les transportant dans de l'eau courante et chlorée (100-150 ppm). Dans la méthode sèche, on se sert de rampes rembourrées et inclinées, ou d'une bande de manutention en plastique pour réduire les risques de dégâts pour les produits agricoles.

Pré-triage

On fait d'habitude un pré-triage pour éliminer les fruits ou légumes blessés, altérés ou ayant d'autres défauts (produits de triage) avant de procéder au refroidissement ou a d'autres phases de la manutention. Ce pré-triage permettra une économie d'énergie du fait qu'on ne maniera pas les produits des triage. Le retrait des produits altérés limitera la propagation de l'infection des autres produits, surtout si l'on ne se sert pas de pesticides post-récolte.

Nettoyage

Pour nettoyer certains produits, tels que les kiwis et les avocats, un brossage à sec peut suffire. D'autres, par contre, comme les bananes et les carottes, devront être lavés. L'espèce de produit et le type de contamination détermineront s'il faut choisir le brossage et/ou le nettoyage.

L'hygiène est essentielle pour deux raisons : pour éviter la propagation des maladies d'un fruit ou légume a un autre, et pour limiter l'accumulation de spores dans l'eau de lavage ou l'air de la salle de conditionnement. On peut traiter l'eau de lavage au chlore (100 à 150 Cl ppm) pour limiter l'accumulation d'agents pathogènes pendant le conditionnement (Moline, 1984). La concentration d'eau de Javel qu'on trouve dans le commerce varie quelque peu d'un pays à l'autre, mais une règle commune est d'utiliser de 1 à 2 ml d'eau de Javel par litre (de 1 a 2 onces d'eau de Javel pour 8 gallons d'eau propre). On peut aussi nettoyer les murs, les planchers et l'équipement de conditionnement avec des composés d'ammonium quaternaire étiquetés comme sans danger pour l'équipement de l'industrie alimentaire (Kupferman, 1990).

Application de la cire

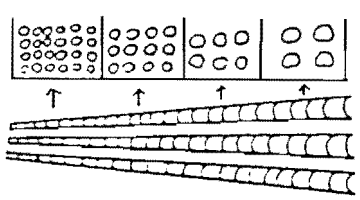
Il est d'usage courant d'enduire de cire des fruits légumiers immatures tels que des concombres et des courgettes, des fruits légumiers mûrs tels que des aubergines, poivrons et tomates, et des fruits tels que les pommes et les pêches. On utilise des cires de qualité alimentaire pour remplacer les cires enlevées par le lavage et le nettoyage et pour réduire le dessèchement pendant la manutention et la vente. Si les fruits et légumes sont enduits de cire, il faut permettre à celle-ci de sécher complètement avant de passer à d'autres traitements.

Calibrage

Le calibrage des produits agricoles est facultatif mais peut être avantageux si les produits de certains calibres se vendent plus cher que d'autres. Dans la plupart des hangars de conditionnement de petits exploitants, on pratique encore souvent le calibrage manuel. Il faut apprendre aux ouvriers a sélectionner la grandeur désirée et ensuite, soit à mettre les articles dans des boîtes, soit a placer en douceur le fruit ou légume choisi dans un bac pour le conditionner plus tard. Le calibrage peut être subjectif (ou visuel) à l'aide de calibreurs standard. Pour fournir une référence a l'ouvrier qui calibre, on peut placer dans son champ visuel de la plus petite taille et de la plus grande qui soient acceptables pour chacun des produits. Les calibreurs manuels s'emploient pour de nombreux produits.

Il existe aussi plusieurs modèles de calibreurs mécaniques pour petits exploitants. L'un des modèles se compose d'une longue claie inclinée avec une série d'orifices convergents (le plus grand haut, le plus petit en bas). Ce type de calibreur donne les meilleurs résultats avec des produits ronds. D'autres modèles sont conçus sous forme de transporteurs munis de chaînes ou de bandes de plastique avec des orifices de diverses grandeurs, et qui peuvent servir au calibrage de la majorité des produits. Une autre simple méthode de calibrage mécanique consiste à utiliser un jeu de rouleaux de transport divergents (voir l'illustration ci-dessous), méthode par laquelle les produits les plus petits tombent les premiers à travers des rouleaux sur une bande de triage ou dans un bac, et les plus gros tombent entre des rouleaux de plus en plus divergents.

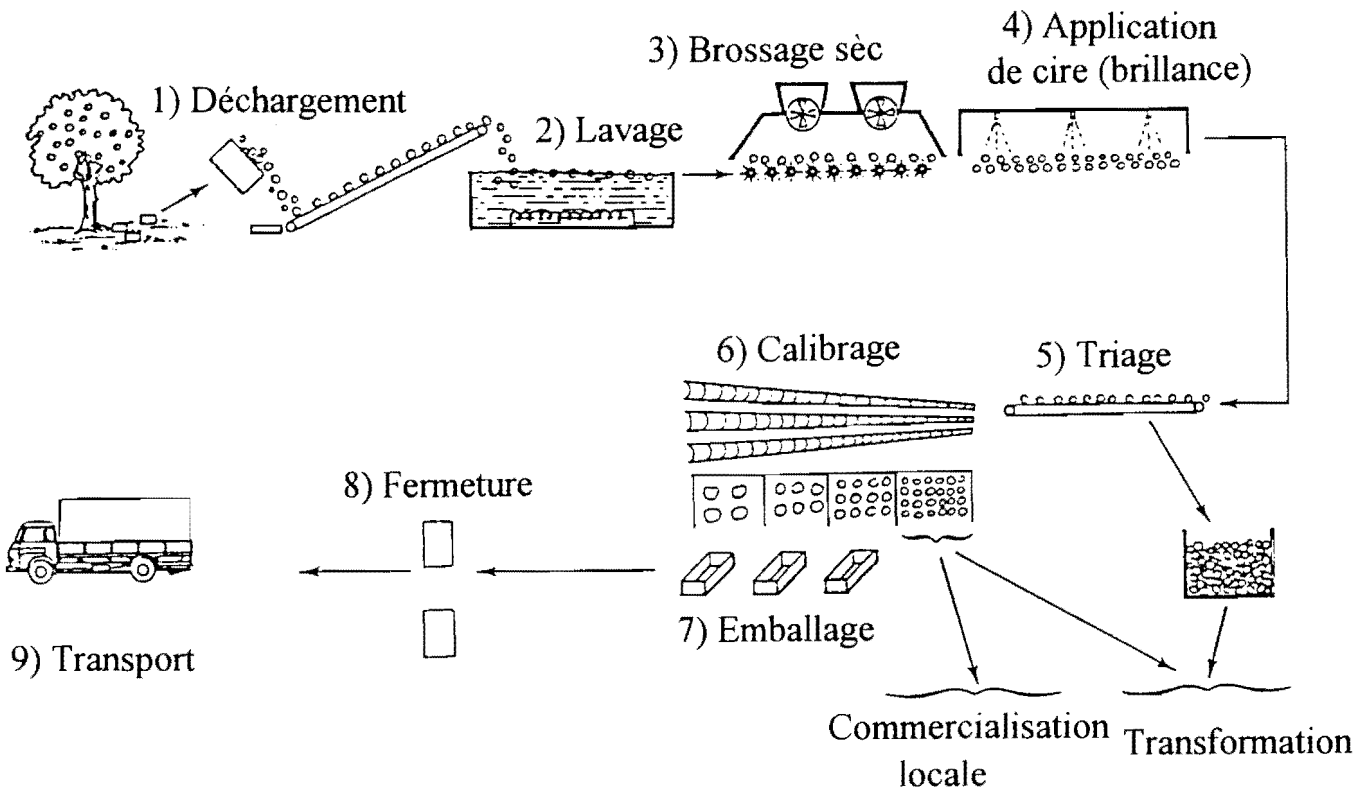
Calibreur à rouleaux divergents :



Activités générales

On trouvera illustrée ci-dessous une série d'activités qui se déroulent typiquement dans un hangar de conditionnement. Le nombre et la taille des chaînes de conditionnement dépendent de l'espèce et des quantités de produits qui doivent y passer chaque jour. Le déversement se fait par la méthode sèche ou humide, selon le type de produit traité. La nature du produit détermine aussi la méthode de nettoyage : lavage a l'eau chlorée ou seulement brossage a sec. L'application de cire, si elle a lieu, suit le lavage et le séchage qui doit débarrasser la surface de toute humidité. Le triage, qui est illustré, sépare les produits a transformer de ceux qu'on mettra en vente a l'état frais. Le calibrage est un autre triage, selon lequel les plus petits fruits et légumes vont aux marchés locaux ou a la transformation. Il est typique de destiner la première qualilté des produits agricoles a un emballage et une commercialisation en vue du marché régional ou national.

Opérations générales de conditionnement

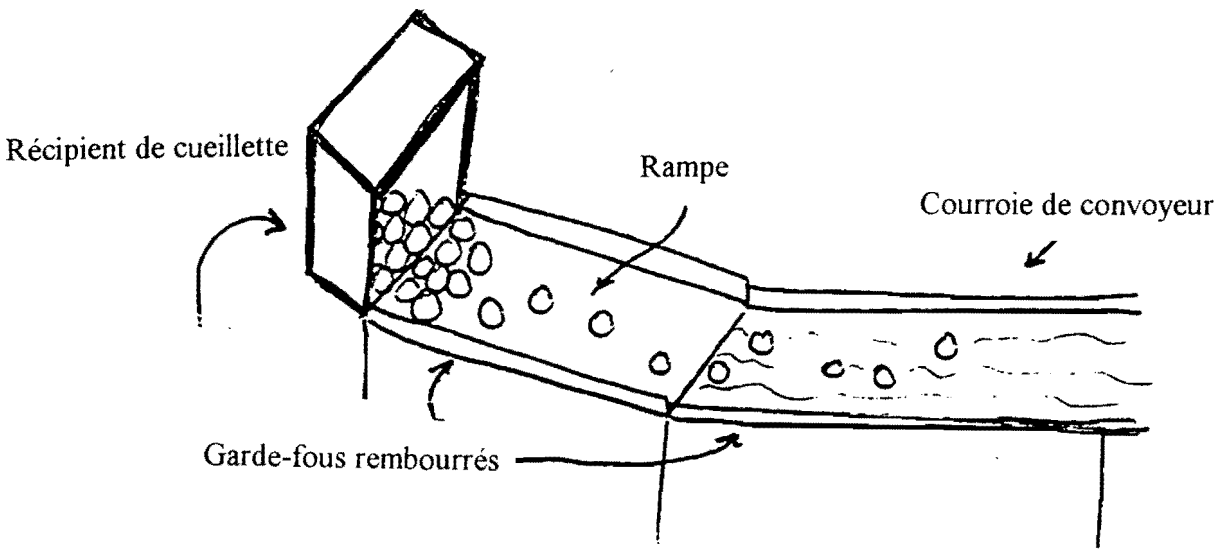


FAO. 1986 Improvement of Post-Harvest Fresh Fruits and Vegetables Handling - A Manual.(Une meilleure manutention post-récolte des fruits et légumes -- un manuel) Bangkok : UNFAO Regional Office for Asia and the Pacific.

Déchargement

Chaque fois que l'on déverse un produit d'un récipient à un autre il faut faire attention au dommages mécaniques. Lorsque on fait déverser un produit des bacs venus des champs ou lorsque on fait le déchargement des véhicules de transport au site de conditionnement, on peut faire un déversement sec ou humide. Dans le premier cas, il faut vider le récipient issu du champs lentement et en douceur sur une rampe inclinée, aux bords rembourrés. Dans l'illustration ci-dessous, une bande de manutention transporte ensuite le produit déversé à sec à l'intérieur du hangar.

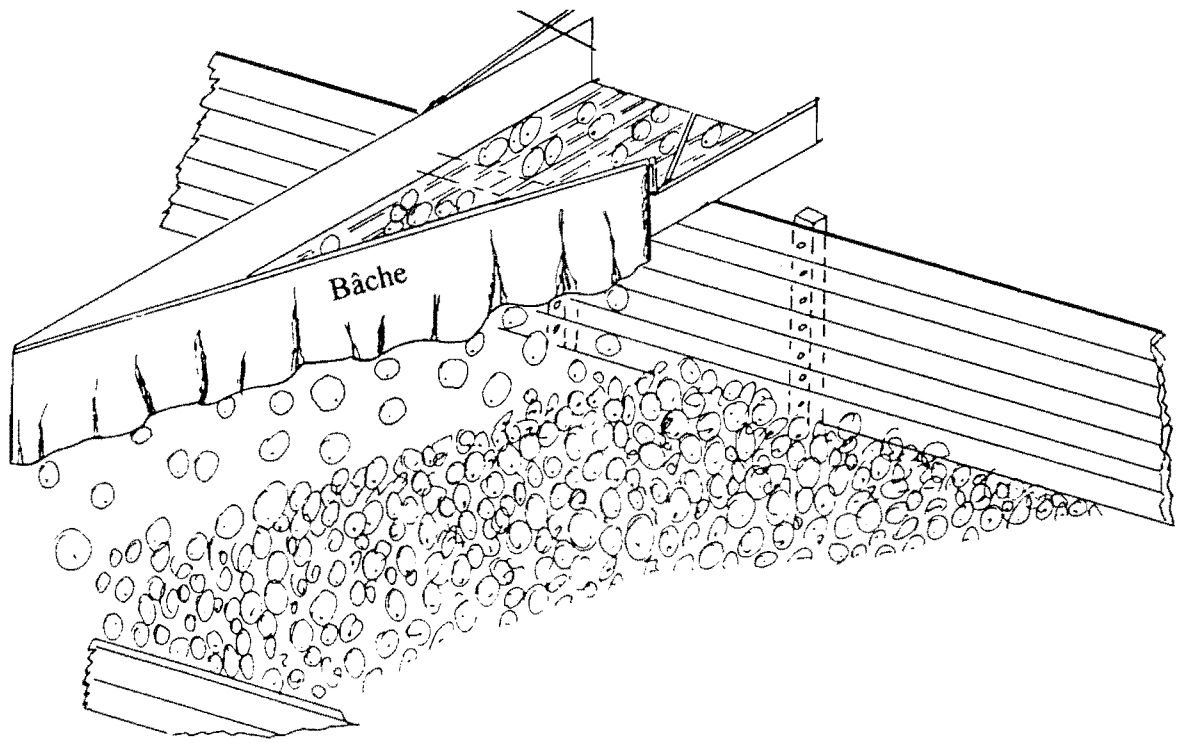
Déchargement à sec :



On a parfois recours au déversement humide pour réduire les dégâts mécaniques, soit en déversant dans l'eau plutôt que sur une bande, soit par immersion et flottement. Si le poids spécifique du produit, des pommes par exemple, est inférieur à celui de l'eau, le produit va flotter. Dans le cas de certains fruits comme les poires, on doit ajouter des sels à l'eau (du sulfonate de lignine de sodium, du silicate de sodium ou du sulfate de sodium) pour augmenter son poids spécifique et assurer le flottement des fruits.

Déchargement

On se sert du rideau de toile ci-dessous pour amortir la chute des fruits qui passent du transporteur au récipient en vrac.

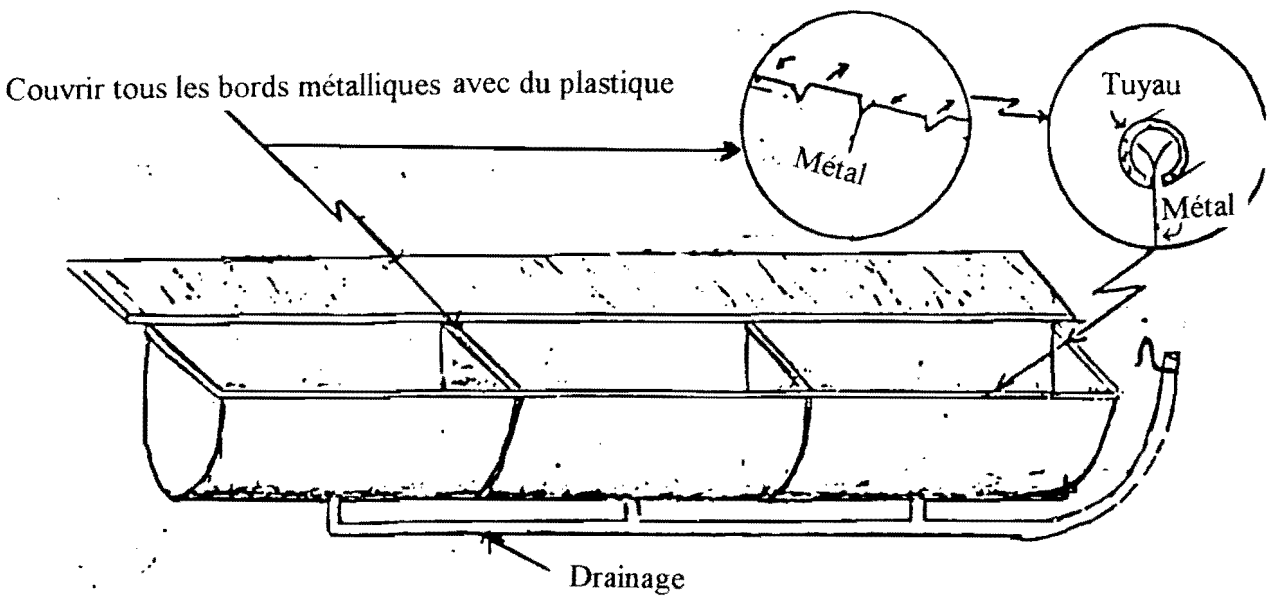


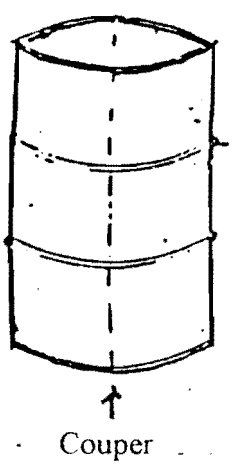
Source : USDA. Pas de date. "Modernizing Handling Systems for Florida Citrus from Picking to Packing Line." (Modernisation des systèmes de manutention pour les agrumes de Floride, de la cueillette a la chaîne de conditionnement). Agricultural Research Service, USDA Marketing Report No. 914.

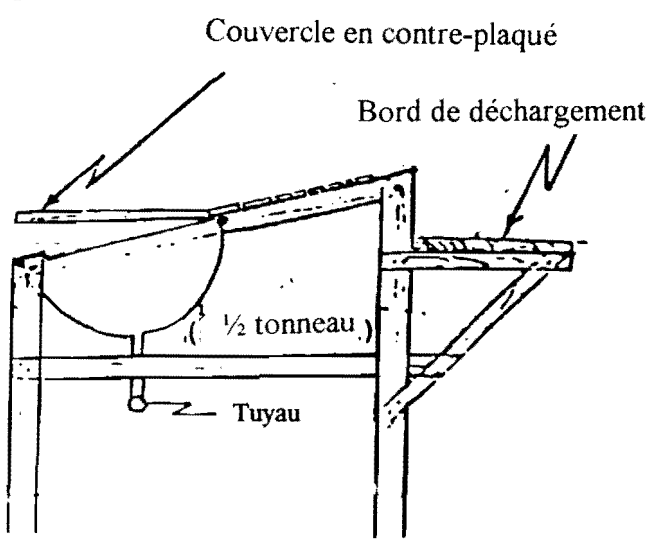
Lavage

On peut utiliser des barils d'acier pour fabriquer une lavage simple. Les bariles sont divisés en deux et menés de trous de drainage et on couvre tous les bords métalliques avec du caoutchouc ou en matière plastique. On insère alors les barils dans une table de bois en pente. La tablette est composée de lames de bois et sert de châssis pour le drainage avant la phase d'emballage.

Comme les barils d'acier contiennent souvent des produits pétroliers ou chimiques, il faut les nettoyer a fond avant de s'en servir pour le lavage.





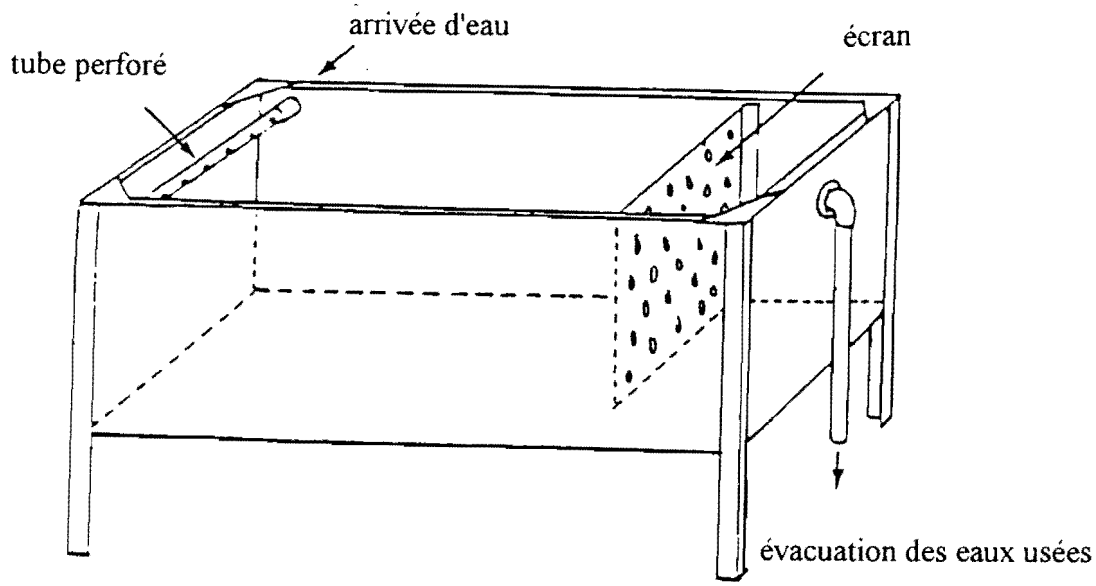


Source : Grierson, W. 1987. Post Harvest Handling Manual. Commercialization of Alternative Crops Project. (Manuel de manutention post-récolte. Projet de commercialisation de cultures alternatives). Belize Agribusiness Company/USAID/Chemonics International Consulting Division.

Lavage

Cette cuve pour le lavage des fruits et légumes est faite de tôle galvanisée. On place un déflecteur en tôle perforée près du tuyau d'écoulement pour favoriser la circulation de l'eau autour des produits. On fait entrer de l'eau fraîche sous pression par un tuyau perforé afin de faire avancer les produits vers l'extrémité d'écoulement de la cuve, d'où ils seront retirés après le nettoyage.

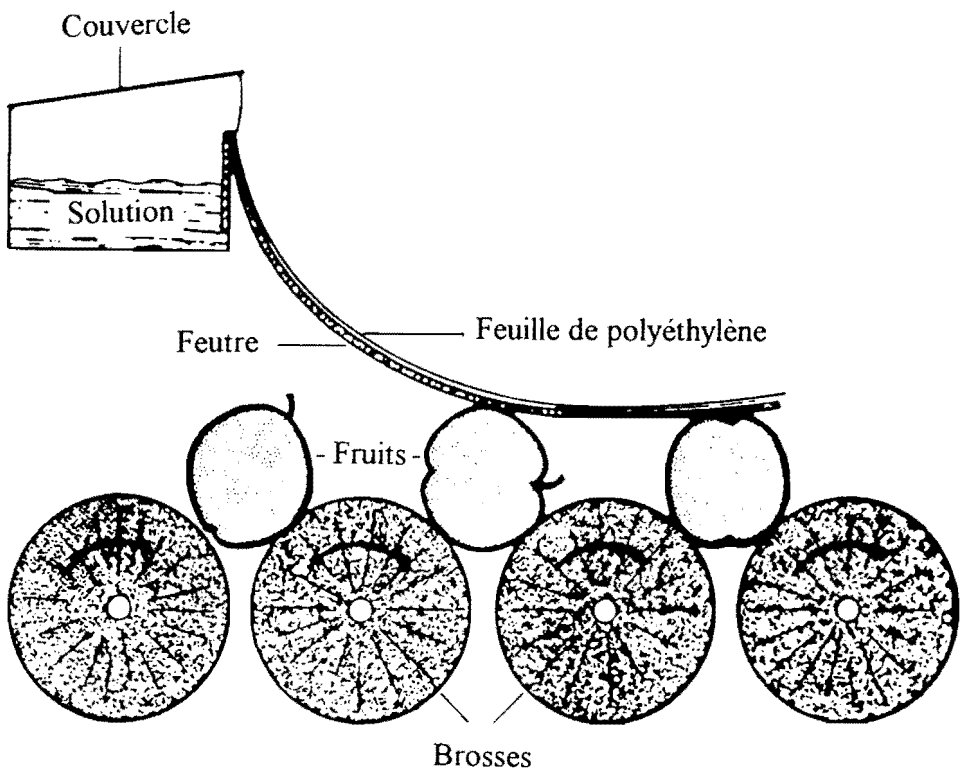
On pourrait perfectionner le modèle ci-dessous en ajoutant un écran tamis devant le déflecteur, pour attraper les déchets, et/ou un système de recyclage de l'eau de lavage (avec addition de chlore).



Source: FAO. 1989. Prevention of Postharvest Food Losses: Fruits, Vegetables and Root Crops. A Training Manual. (Prévention des pertes d'aliments après la récolte : fruits, légumes et légumes-racines. Un manuel de formation) Rome : UNFAO. 157 pp.

Application de cire

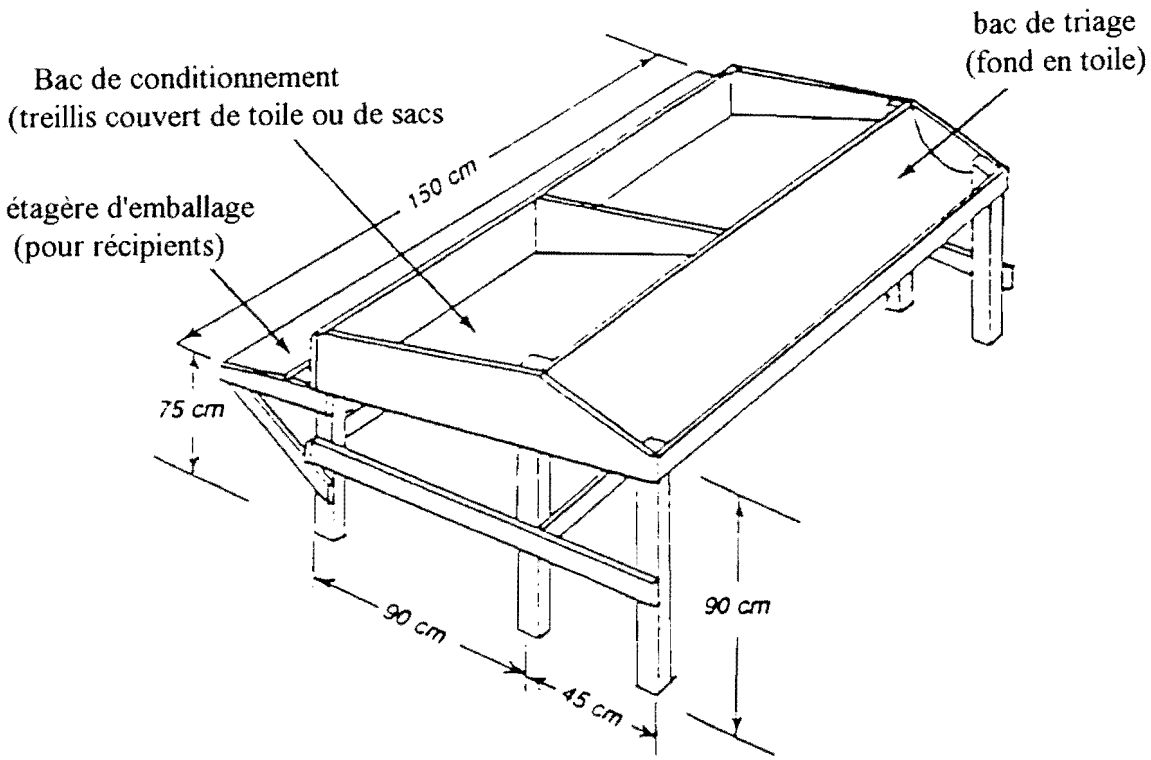
L'applicateur de cire illustré ici est conçu pour être employé à la suite d'une série de brosses sèches sur une chaîne de transport. La cire liquide s'écoule d'une auge de la même largeur que la bande de transport, puis elle est répartie sur les fruits et légumes à l'aide de feutre de laine industriel. Pour réduire l'évaporation de la cire liquide du feutre qui en est imprégné, on couvre celui-ci par une couche de feuilles épaisses de polyéthylène.



Source : Martin, D. et Miezitis, E.O. 1964. A wipe-on device for the application of materials to fruits. (Un dispositif a frottement pour appliquer des matières aux fruits.) Field Station Record Volume 3 No. 1 CSIRO Tasmanian Regional Laboratory, Hobart, Tasmania.

Triage/Emballage

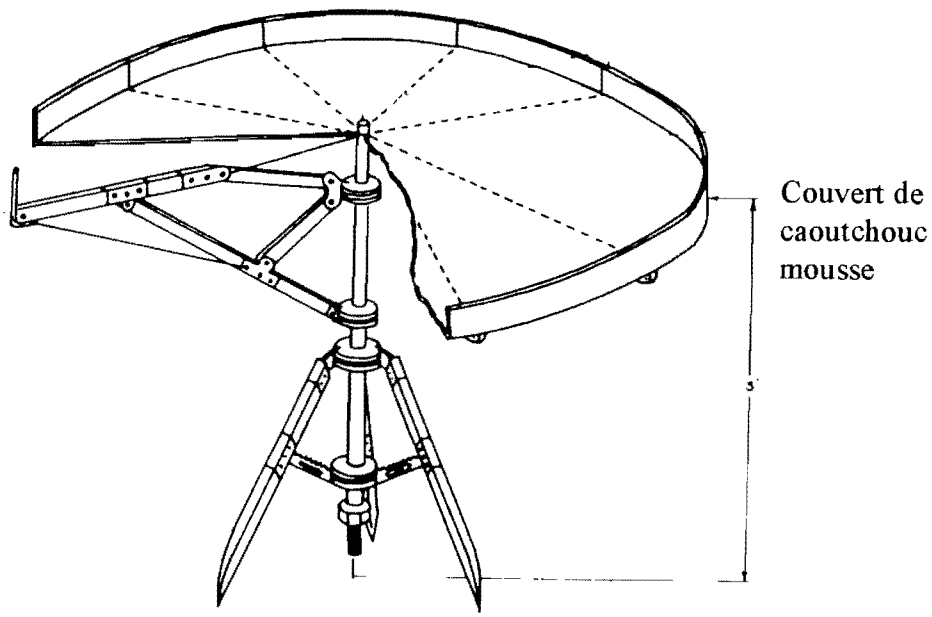
La table illustrée ci-dessous sert à la fois au triage et à l'emballage. A leur arrivée, les produits sont placés dans le bac de triage, ensuite triés par un ouvrier qui les place dans le bac de conditionnement, et enfin conditionnés par un autre ouvrier. Si les ouvriers doivent rester debout pour le triage, on peut placer un tapis de caoutchouc ferme sur le plancher pour atténuer leur fatigue.



FAO. 1986 Improvement of Post-Harvest Fresh Fruits and Vegetables Handling - A Manual.(Une meilleure manutention post-récolte des fruits et légumes -- un manuel) Bangkok : UNFAO Regional Office for Asia and the Pacific.

Triage/Emballage

La surface de la table de triage portative illustrée ci-dessous est faite de toile, d'un rayon approximatif de 1 mètre (environ 3 pieds). Les bords sont couverts d'une couche de mousse mince pour ne pas abîmer le produit pendant le triage et la pente allant du centre a l'installation de triage est réglée a 10 degrés. On peut déverser directement les produits du récipient sur la table, et puis les trier selon le calibre, la couleur et/ou la qualité et les emballer directement dans les conteneurs d'expédition. Quatre ouvriers trieurs/emballeurs au maximum peuvent y travailler confortablement côte a côte.



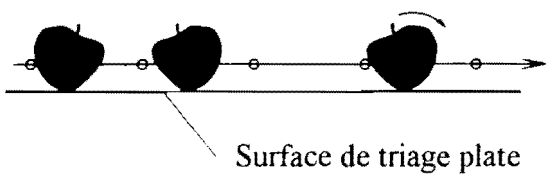
Source: PHTRC. 1984. A portable sorting table. (Une table de triage portative). Appropriate Postharvest Technology 1(1): 1-3. (Post-Harvest Training and Research Center, Department of Horticulture, University of the Philippines at Los Banos.)

Triage

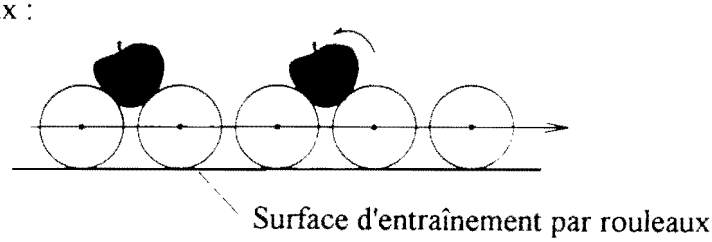
Les illustrations suivantes représentent trois types de transporteurs qu'on emploie dans le triage des produits agricoles. Le plus simple est un transporteur à bande, avec lequel le trieur doit manier lui-même le produit pour en examiner tous les côtés et vérifier s'il a été endommagé. Un transporteur à barres d'entraînement fait basculer le produit vers l'avant quand il passe devant les trieurs. Un transporteur à rouleaux fait basculer le produit vers l'arrière lors de son passage devant les trieurs.

Transporteur à bande :

Transporteur à barres d'entraînement :



Transporteur à rouleaux :



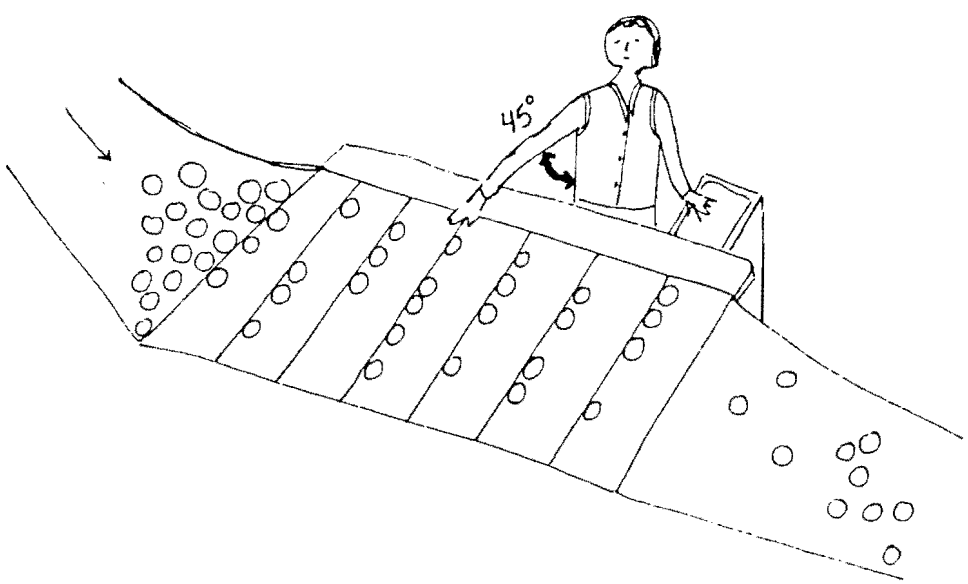
Source : Shewfelt, R.L. et Prussia, S.E. 1993. Postharvest Handling: A Systems Approach. (Manutention post-récolte : Une approche par systèmes). San Diego : Academic Press Inc. 356 pp.

Triage

Quand on fait un triage en vue d'éliminer les produits de rejet, et qu'on èlimine tous les produits trop petits, gâtés ou endommagés, il faut placer la table de triage à une hauteur confortable pour les trieurs. On peut leur fournir des tabourets ou, s'ils travaillent debout, un tapis de caoutchouc ferme qui minimisera leur fatigue. Il faut aussi placer la table et les bacs de triage de façon à minimiser les gestes des mains.

Il est recommandé que les bras du trieur ou de la trieuse forment un angle de 45 degrés lorsqu'il/elle avance vers la table, et que la largeur de la table ne dépasse pas 50 cm pour un minimum de mouvements d'extension. Un bon éclairage aidera les trieurs à repérer les défauts et on peut réduire la fatigue oculaire en se servant de bandes ou de tablettes sombres et mates.

Si l'on se sert d'une chaîne de manutention, il ne faut pas que les produits avancent plus vite que le rythme de travail des trieurs. Il faut régler la vitesse de rotation des transporteurs à barres d'entraînement ou à rouleaux de manière que chaque article fasse deux rotations lorsqu'il passe dans le champ visuel du trieur.

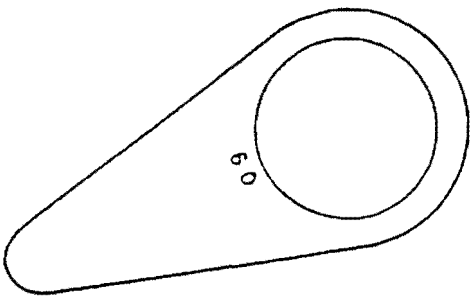


Source : Shewfelt, R.L. et Prussia, S.E. 1993. Postharvest Handling: A Systems Approach. (Manutention post-récolte : Une approche par systèmes). San Diego : Academic Press Inc. 356 pp.

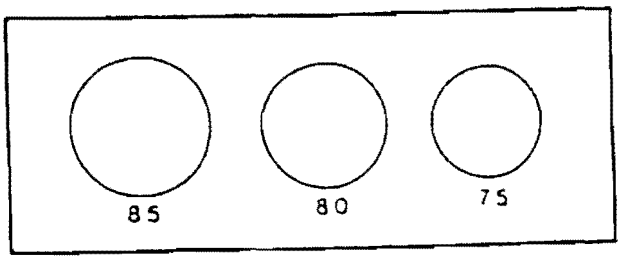
Calibrage

On peut classer les produits ronds à l'aide d'anneaux de calibrage. Ceux-ci peuvent être fabriqués en bois, ou l'acheté tout faits en tailles très diverses.

Anneau de calibrage manuel de taille unique :



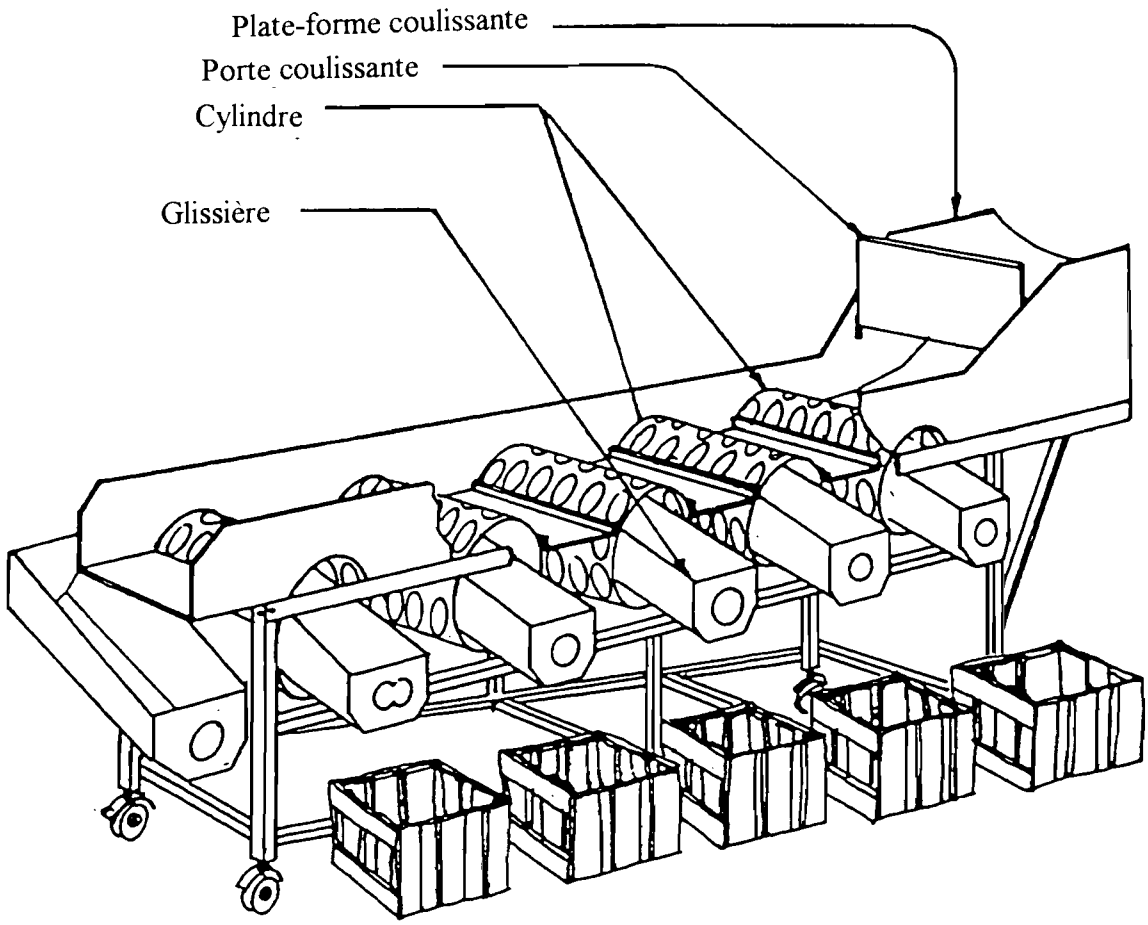
Anneaux de tailles multiples :



Source: FAO. 1989. Prevention of Postharvest Food Losses: Fruits, Vegetables and Root Crops. A Training Manual. (Prévention des pertes d'aliments après la récolte : fruits, légumes et légumes-racines. Un manuel de formation) Rome : UNFAO. 157 pp.

Calibrage

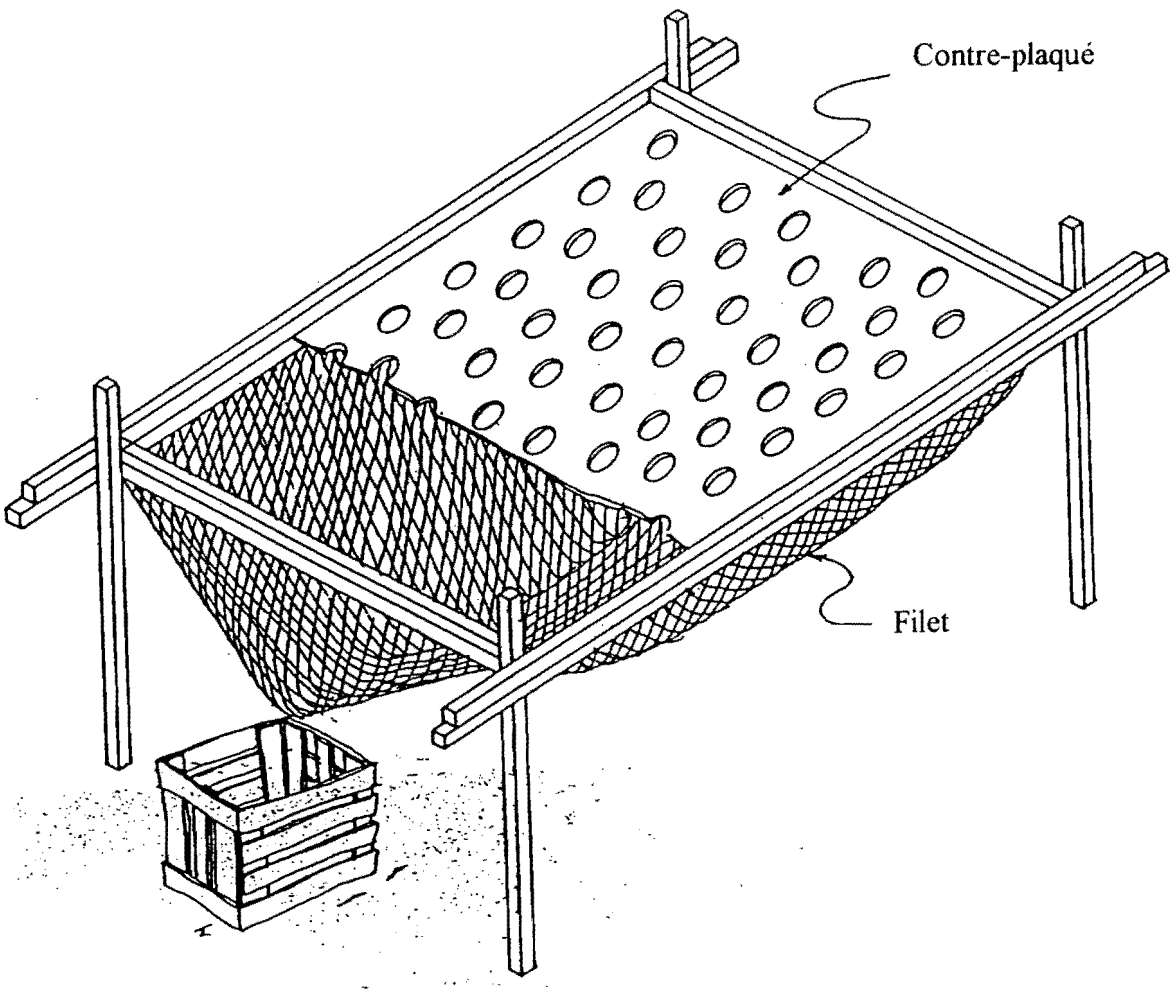
Le calibreur à cylindre rotatif illustré ci-dessous est composé de cinq cylindres creux qui tournent dans le sens opposé aux aiguilles de la montre quand ils sont actionnés par un moteur éléctrique. Chaque cylindre est perforé de trous assez grands pour y laisser passer les fruits. Le premier cylindre a les plus petits trous et le cinquième a les plus grands. Lorsque les fruits tombent au travers, ils arrivent sur une claie en pente (le couloir) et roulent dans le récipient, ainsi qu'on le voit. Veillez à minimiser le trajet de descente pour empêcher les dégâts. Les trop grands fruits s'accumulent au bout de la chaîne. Cet équipement donne les meilleurs résultats avec des produits ronds.



Source : Reyes, M.Y. (Ed.) 1988. Design Concept and Operation of ASEAN Packinghouse Equipment for Fruits and Vegetables. (Conception et exploitation de l'équipement de conditionnement ASEAN pour fruits et légumes.) Postharvest Horticulture Training and Research Center, University of Los Baños, College of Agriculture, Laguna, Philippines.

Calibrage

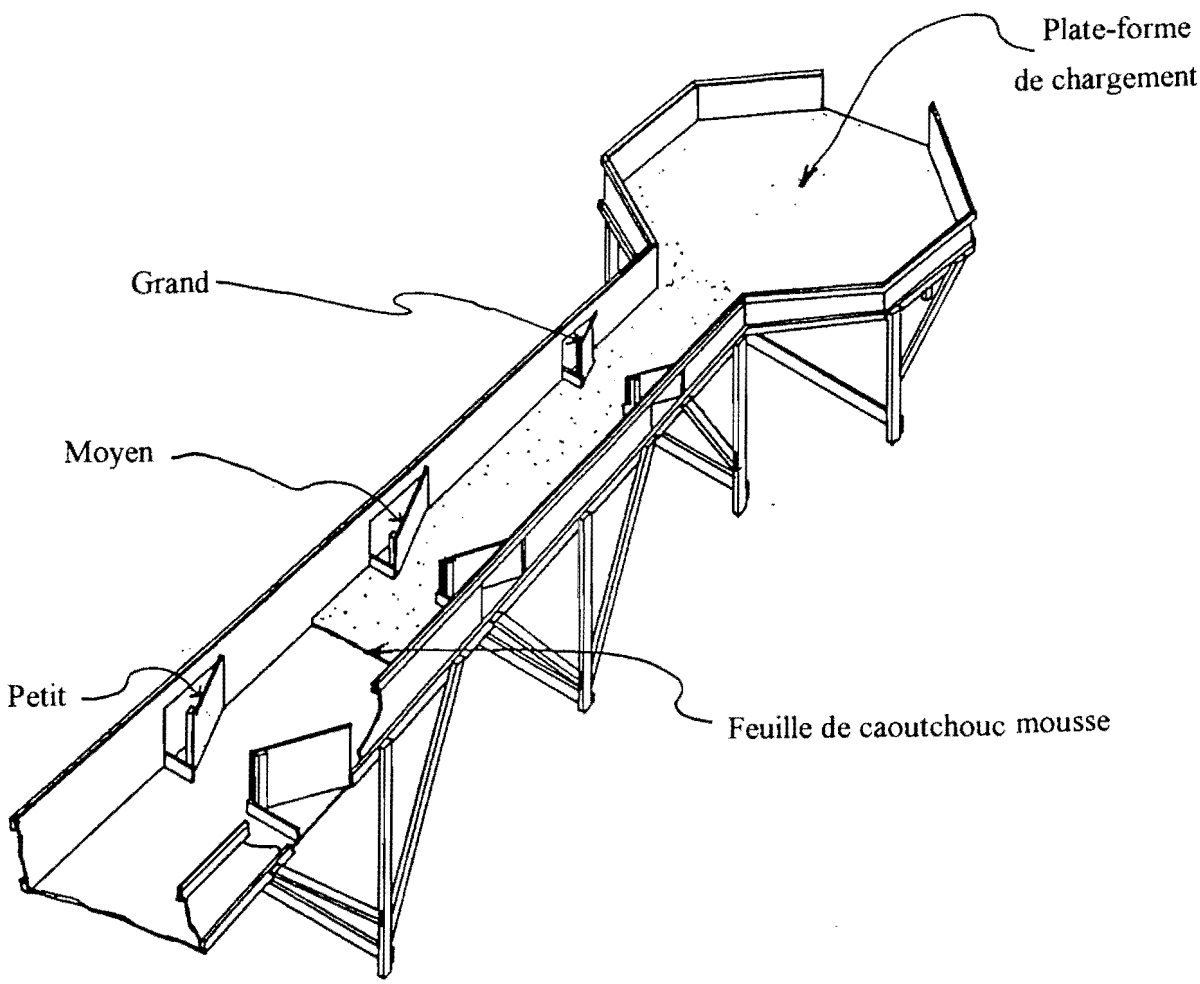
La table de calibrage d'oignons illustrée ci-dessous fait partie d'un jeu de trois tables (ou plus) qu'on utilise en un arrangement en marches d'escaliers. Elles sont toutes en contreplaqué et perforées de trous d'une grandeur donnée. La plus haute a les plus grands trous, la plus basse a les plus petits. On déverse une couche d'oignons sur la table supérieure. Ceux qui ne passent pas sont classés comme "extra-gros". Ceux qui passent au travers tombent dans une poche de maille et roulent dans un grand bac. On déverse ce bac d'oignons sur la deuxième table de calibrage. Les oignons qui ne passent pas sont classés comme "gros", et ainsi de suite.



Source : Reyes, M.Y. (Ed.) 1988. Design Concept and Operation of ASEAN Packinghouse Equipment for Fruits and Vegetables. (Conception et exploitation de l'équipement de conditionnement ASEAN pour fruits et légumes.) Postharvest Horticulture Training and Research Center, University of Los Baños, College of Agriculture, Laguna, Philippines.

Calibrage

Le calibreur de pomelos illustré ci-dessous comporte un couloir de déversement réctangulaire en contreplaqué, couvert de mousse pour éviter les dégâts. On déverse les fruits sur la plate-forme octogonale au sommet du couloir et on les laisse descendre en roulant, un a un, vers une série d'étranglements. Les gros fruits sont arrêtés au premier étranglement, les moyens au deuxième, et les petits au troisième. Ceux qui sont trop petits sortent au bout du couloir et tombent directement dans un récipient. Les ouvriers doivent retirer chaque fruit à la main et le placer dans le récipient approprié avant que le fruit suivant puisse passer par le couloir. Le calibrage atteint son rythme le plus rapide quand il y a cinq ouvriers postés à cette installation.



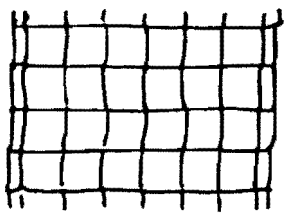
Source : Reyes, M.Y. (Ed.) 1988. Design Concept and Operation of ASEAN Packinghouse Equipment for Fruits and Vegetables. (Conception et exploitation de l'équipement de conditionnement ASEAN pour fruits et légumes.) Postharvest Horticulture Training and Research Center, University of Los Baños, College of Agriculture, Laguna, Philippines.

Calibrage

Si l'on se sert d'une installation de transport dans le hangar de conditionnement, on peut trouver une grande variété de chaînes et de bandes de calibrage pour le triage des produits agricoles. Les chaînes de calibrage peuvent s'acheter en diverses largeurs et avec des orifices de tous diamètres.

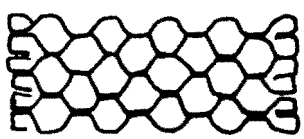
On choisit d'habitude des orifices carrés pour des produits tels que les pommes, tomates et oignons, tandis qu'on se sert d'orifices rectangulaires pour les pêches et les poivrons. On emploie souvent des orifices hexagonaux pour les pommes de terre et les oignons.

Orifice carrés:



Réctangulaires:

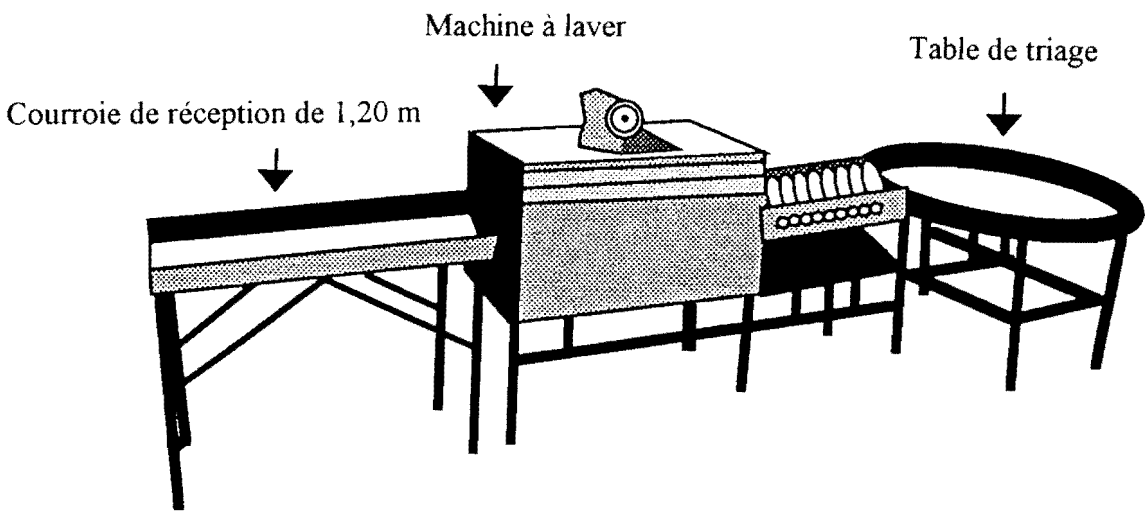
Hexagonaux:



Source: Catalouge 1994 de la TEW Manufacturing Corporation, PO Box 87, Penfield, New York 14526 USA

Chaîne de conditionnement de fruits

Les equipements de conditionnement des produits agricoles à petite echelle sont disponibles chez certains fournisseurs et fabricants. Illustration ci-dessous: une chaîne de conditionnement de fruits, en vente à la TEW Manufacturing Corporation à un prix inferieur à 5000$ USA. Ce modèle particulier comporte une bande de réception, une installation de lavage et une table de triage.



Source: Catalouge 1994 de la TEW Manufacturing Corporation, PO Box 87, Penfield, New York 14526 USA

Section 4 : Conditionnement et matériaux d'emballage

Pour une manutention facile lors du conditionnement des fruits et légumes, des cartons généreusement paraffinés, des caisses de bois ou des cageots de plastique rigide sont préférables à des sacs ou à des paniers, puisque ceux-ci n'offrent pas de protection aux produits quand ils sont superposés. On peut parfois renforcer ou doubler des conteneurs de fabrication locale pour offrir aux produits une protection supplémentaire. Bien que les cartons paraffinés, les caisses de bois et les cageots de plastique soient plus chers, ils sont réutilisables et résistent des humidité élevée qui règne souvent dans l'environnement de stockage. Pour obtenir les meilleurs résultats, le remplissage des conteneurs doit être dosé ni trop ni peu rempli. Quand il ne l'est pas assez, les produits risquent de vibrer les uns contre les autres et d'occasionner des dégâts; par contre, trop rempli les conteneurs subîme a cause de la compression. Des journaux déchiquetés constituent un rembourrage léger et bon marché pour les conteneurs d'expédition (Harvey et autres, 1990).

Pour les manutentionnaires travaillant sur une petite échelle et qui songent à fabriquer leurs propres conteneurs à partir de carton dur ondulé, Broustead et New (1986) offrent des renseignements détaillés. Plusieurs types de fibres agricoles se prêtent à la fabrication du papier (Hunsigi, 1989) et les manutentionnaires trouveront peut-être qu'il est rentable d'inclure ces activités dans leur système post-récolte.

Tant au long du système de la manutention, l'emballage peut être à la fois un apport utile et un obstacle à l'obtention au maximum de qualité et de durée de vie pendant stockage. Les emballages doivent être ventilés, mais aussi assez solides pour empêcher l'affaissement. Un paquet affaissé n'offre que peu ou pas de protection, le contenu supporte tout le poids de la charge qui le surmonte. L'emballage est censé protéger le produit en l'immobilisant et en l'amortissant, mais si les matériaux d'emballage bloquent les ouvertures de ventilation, le contrôle de la température en souffrira. Les matériaux d'emballage jouent parfois le rôle de barrière à la vapeur, et, dans ce cas, ils contribuent au maintien d'une humidité relative plus élevée dans le paquet. En plus de la protection, l'emballage permet un maniement rapide au cours de la distribution et peut minimiser les effets d'un maniement peu soigneux.

On peut emballer les produits à la main pour créer un paquet attrayant, souvent à l'aide d'un nombre fixe d'unités de grandeur uniforme. On peut ajouter des matériaux d'emballage tels que

plateaux, godets, enveloppements, doublures et rembourrages, pour aider à immobiliser les produits. De simples systèmes d'emballage mécanique utilisent souvent la méthode de remplissage à volume donné, dans laquelle on place les produits triés dans les boîtes, et puis ils sont tassés par vibration. La plupart des machines à remplissage à volume donné sont conçues pour estimer le volume à partir du poids. Les derniers réglages se font manuellement (Mitchell dans Kader, 1992)

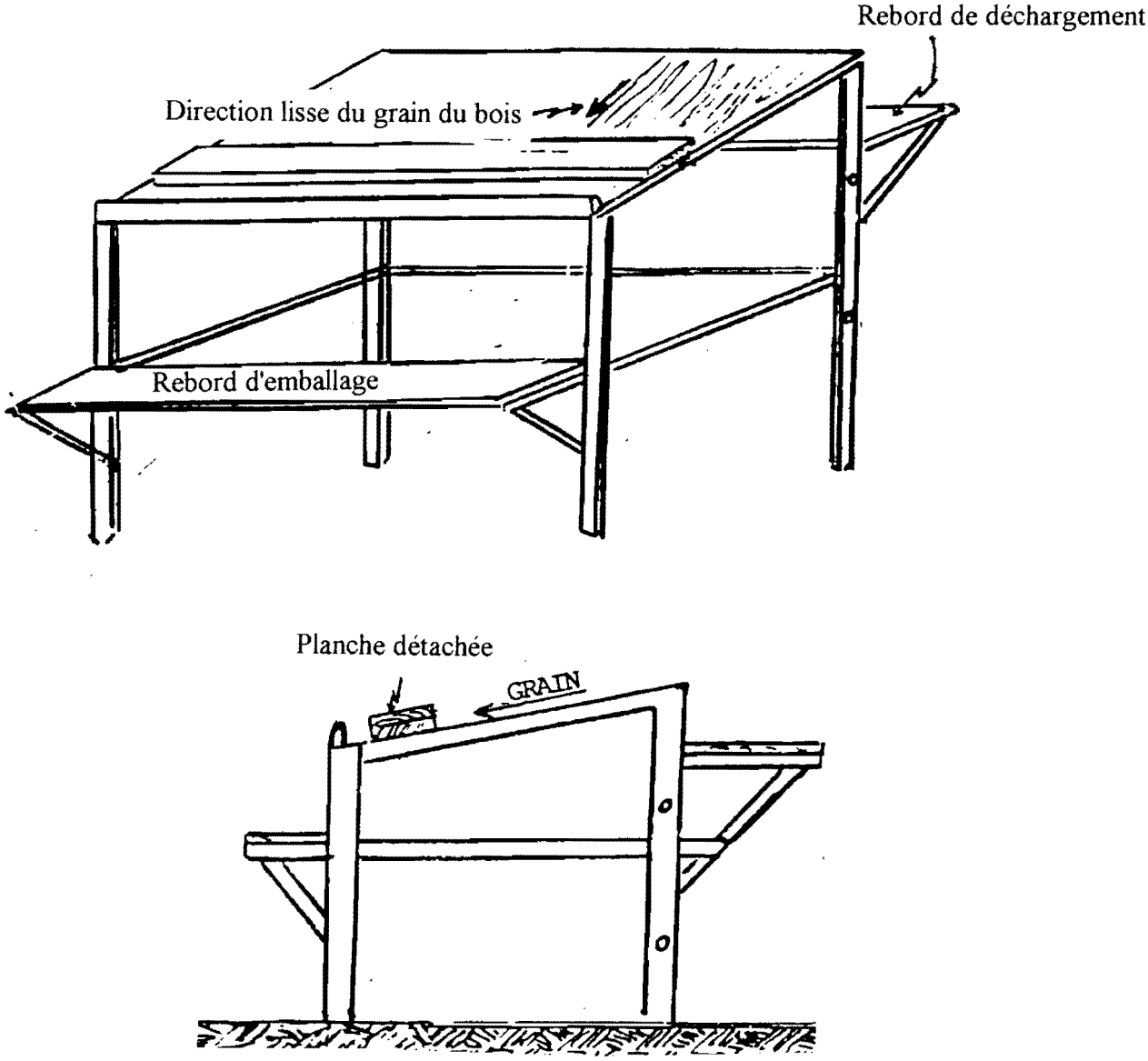
L'emballage dans des feuilles de plastique peut modifier l'atmosphère autour des produits (emballage à atmosphère modifiée ou MAP en anglais). Le MAP limite généralement le mouvement de l'air, ce qui permet aux processus normaux de respiration des produits fermiers de réduire le taux d'oxygène et d'élever le taux du gaz carbonique à l'interior de l'emballage. La réduction des pertes d'eau est un autre grand avantage de l'usage des feuilles de plastique.

On peut employer la méthode MAP à l'intérieur d'un conteneur d'expédition comme à l'intérieur d'unités de consommation. On peut provoquer la modification atmosphérique en créant un peu de vide dans un paquet étanche (tel qu'un sac de polyéthylène non-ventilé) et en remplaçant ensuite l'atmosphère du paquet par le mélange de gaz désiré. En général, la plupart des produits agricoles profitent d'une baisse d'oxygène et une augmentation de la concentration de gaz carbonique (voir le tableau de mélanges de gaz recommandés pour certaines produits horticoles, Section 7.) La choix de la combinaison type de polymère et dimension pour chaque produit dépend de la perméabilité du filme, de la duree du stockage, et du taux de respiration du produit dans les conditions de température pendant la manutention. On peut mettre des produits absorbant l'oxygène, le gaz carbonique et/ou l'éthylène à l'intérieur des paquets ou conteneurs pour maintenir la composition atmosphérique désirée.

Il faut toujours considérer l'emballage à atmosphère modifiée comme un supplément à une bonne gestion de la température et de l'humidité relative. Pour chaque espèce de fruit ou de légume, les différences entre des concentrations bénéfiques ou nuisibles d'oxygène et d'anhydride carbonique sont relativement faibles; il faut donc être extrêmement prudent dans l'usage de ces technologies.

Méthodes de conditionnement

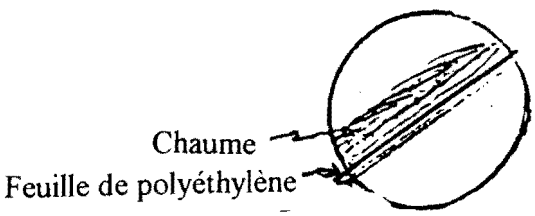
La station de conditionnement illustrée par le schéma ci-dessous pourra être ratadiée à une autre station du même modèle si l'on a besoin de plus de place pour conditionner les fruits et légumes. Quand il est nécessaire de parer les produits, il faudrait ajouter une planche détachée, assez épaisse pour dépasser la hauteur du bord de devant. Ce bord devrait être lisse et arrondi.

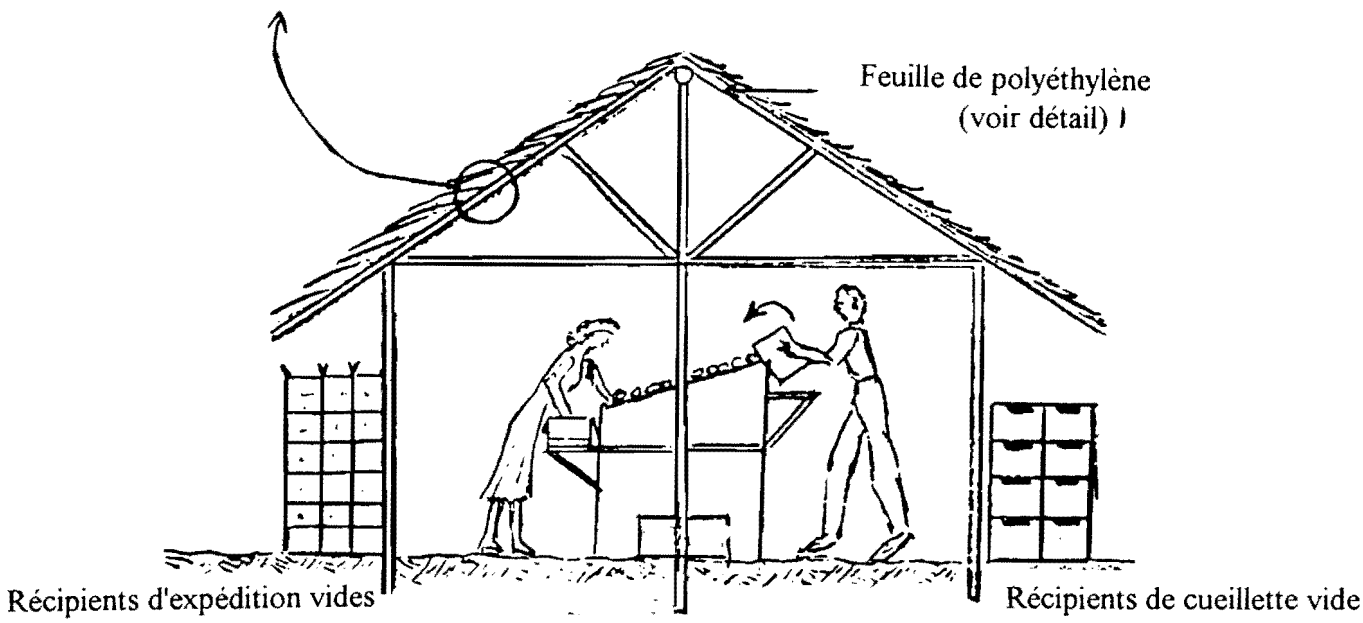


Source : Grierson, W. 1987. Postharvest Handling Manual. Commercialization of Alternative Crops Project. (Manuel de manutention post-récolte. Projet de commercialisation de cultures alternatives). Belize Agribusiness Company/Chemonics International Consulting Division/USAID

Méthodes de conditionnement

On peut construire une simple station de conditionnement en plein champ à l'aide de pieux de bois et d'une feuille de polyéthylène. Du chaume sur le toit donnera de l'ombrage et gardera la station fraiche. Il faudra orienter cette station pour que la saillie du toit arrête la plupart des rayons du soleil.

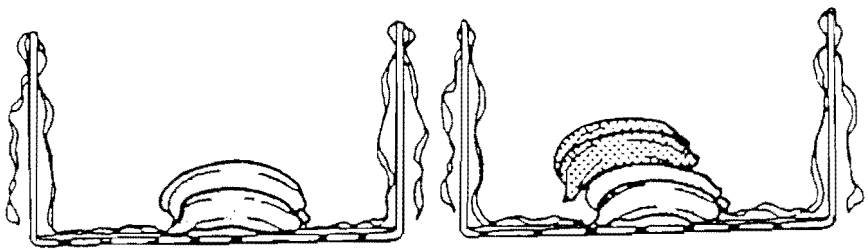




Source : Grierson, W. 1987. Postharvest Handling Manual. Commercialization of Alternative Crops Project. (Manuel de manutention post-récolte. Projet de commercialisation de cultures alternatives). Belize Agribusiness Company/Chemonics International Consulting Division/USAID

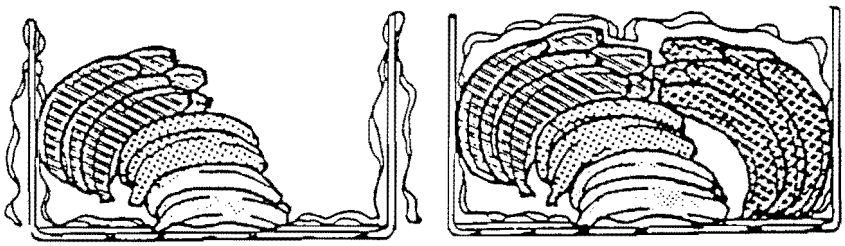
Méthodes de conditionnement

Une méthode typique: aprés lavage pour éliminer le latex, et parfois pulvérisation de fongicides, les régimes de bananes sont placés dans des boîtes en cartons doublé de polyéthylène. Noter qu'on replie la doublure de polyéthylène sur les bananes avant de fermer la boîte.



(a) Banane large, de petite à moyenne à plat milieu du compartiment

(b) Banane large, de longueur moyenne au dessus, la couronne ne touche pas le fruits en dessous



(c) Banane large, de petite à moyenne, la couronne ne touche pas les fruits en dessous

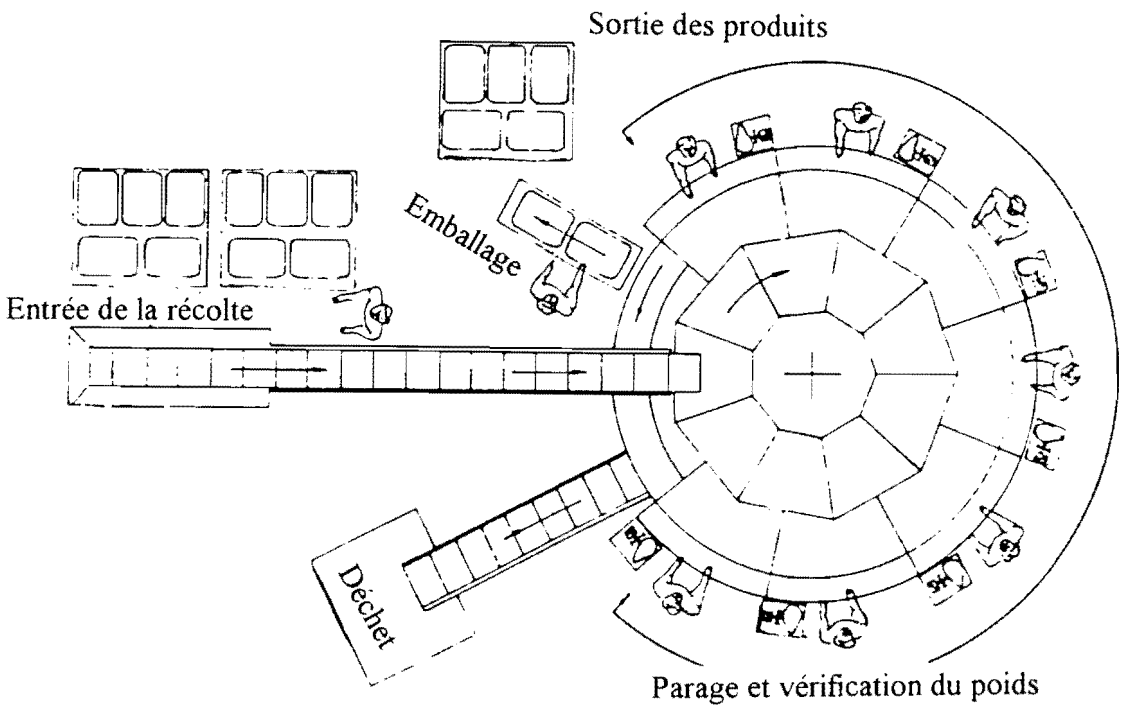
(d) Un seul groupe de banane, ou deux portions avec de fruits longs

Source: FAO. 1989. Prevention of Postharvest Food Losses: Fruits, Vegetables and Root Crops. A Training Manual. (Prévention des pertes d'aliments après la récolte : fruits, légumes et légumes-racines. Un manuel de formation) Rome : UNFAO. 157 pp.

Méthodes de conditionnement

On peut se servir d'une table ronde et tournante pour conditionner une variété de produits. L'emballage des produits se fait à l'aide d'un convoyeur si il est disponible (si non, on met les produits directement sur la table), où les conditionneurs font la sélection et remplissent les boîtes de carton à leurs stations respectives. Dans l'illustration ci-dessous, on a ajouté une bande de rejets au-dessous de la bande d'apport, pour faciliter l'élimination des produits de rejets.

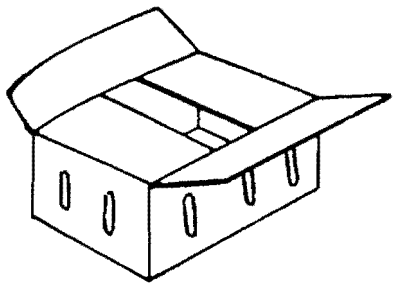
Chaque conditionneur peut travailler indépendamment. Il/elle pare les fruits et légumes quand il le faut et vérifie le poids de temps à autre.



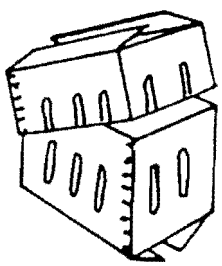
Source: National Institute of Agricultural Engineering. 1979. Preparing vegetables for supermarkets. (Préparation des légumes pour les supermarchés). Field Vegetable Department, Silsoe, Bedford: NIAE

Conteneurs de conditionnement

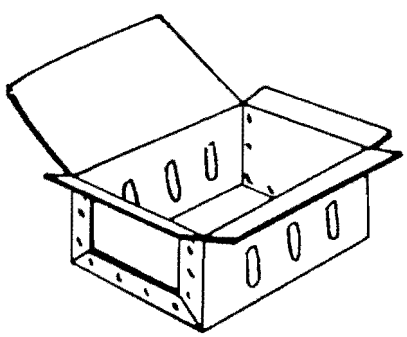
Il y a beaucoup de types de conteneurs de conditionnement. Les trois conteneurs illustrés ci-dessous sont faits de carton ondulé. Le conteneur ordinaire à fentes, entièrement pliant, est le plus économique.



Les conteneurs télescopiques (à moitié ou entièrement) ont le maximum de rididité et protègent contre le gonflement, mais ils sont plus coûteux.



Ce conteneur, appelé une boîte de Bliss, a des coins très solides mais n'est pas pliant.



Source : Peleg, K. 1985. Produce Handling, Packaging and Distribution. (Manutention, emballage et distribution des produits fermiers) Westport, Connecticut : AVI Publishing Co., Inc.

Conteneurs de conditionnement

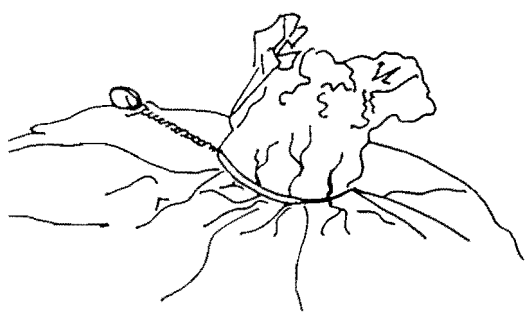
On utilise souvent des sacs pour emballer les fruits et légumes, puisqu'ils sont généralement peu coûteux et faciles à trouver. On trouvera dans le tableau ci-dessous des informations sur les caractéristiques des diverses matières dont sont faits les sacs.

Caractéristiques des sacs

Type de sac	Déchirement	Protection contre : Impact	Humidité	Insectes	Notes
Jute	Bon	Bon	Aucune	Aucun	Biodégradation Rétention d'odeur Contient des insectes
Coton	Moyen	Moyen	Aucune	Aucun	Grande valeur de réemploi
Plastiques tissés	Moyen	Bon	Aucune	Qlqs-uns	Dégâts par lumière U.V. Difficile à coudre
Papier	Pauvre	Pauvre	Moyenne	Qlqs-uns	Qualité constante

Source : Walker, D.J.(Ed.) 1992 World Food Programme Food Storage Manual. (Manuel de stockage des aliments du Programme mondial d'alimentation) Chatham, Royaume-Uni: Natural Resources Institute

Il est facile de fermer les sacs en papier ou en tissu à l'aide de fil métallique solide et d'un retordoir.



Source : FAO. 1985. Prevention of Post-Harvest Food Losses: A Training Manual. (Prévention des pertes d'aliments post-récolte :Un manuel de formation). Rome : UNFAO. 120 pp.

Conteneurs de conditionnement

On trouvera dans le tableau ci-dessous des exemples de quelques types de dégâts mécaniques et de leur effet sur les conteneurs d'emballage.

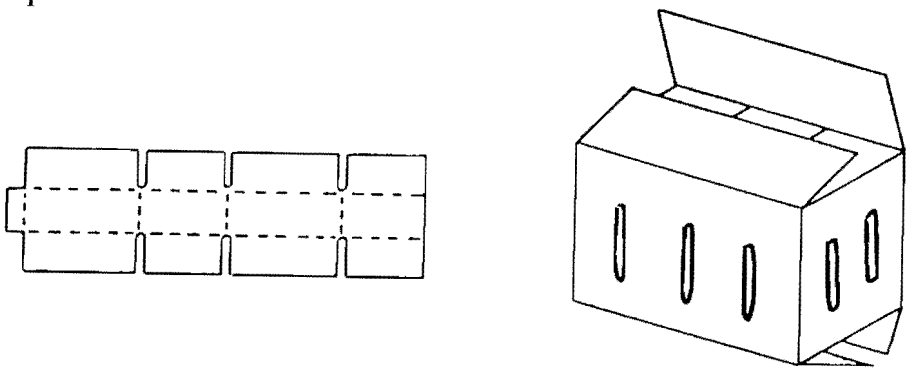
Type de dégât	Récipient	Résultats	Facteurs importants
Chute	Sacs	Déchirure des coutures	Solidité des coutures
	Boîtes en carton	Distorsion Déchirure des coutures Ouverture des rabats	Méthode de fermeture Résistance à la crevaison
	Caisses en bois	Distorsion Cassure des joints	Attaches Rigidité du bois
Compression	Boîtes en carton	Distorsion Déchirure des bords	Résistance à la compression
Vibration	Boîtes en carton	Distorsion Perte d'amortissement	Résistance à la compression
Déchirement/ accrochage	Sacs	Renversement	Résistance au déchirement

Source : Walker, D.J.(Ed.) 1992 World Food Programme Food Storage Manual. (Manuel de stockage des aliments du Programme mondial d'alimentation) Chatham, Royaume-Uni: Natural Resources Institute

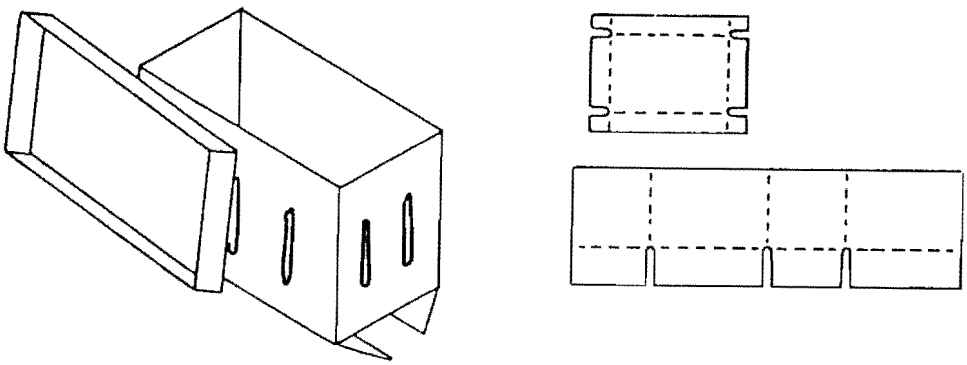
Conteneurs de conditionnement

Les schémas ci-dessous représentent divers conteneurs de carton dur d'usage courant. On peut modifier les dimensions finales selon les besoins du manutentionnaire.

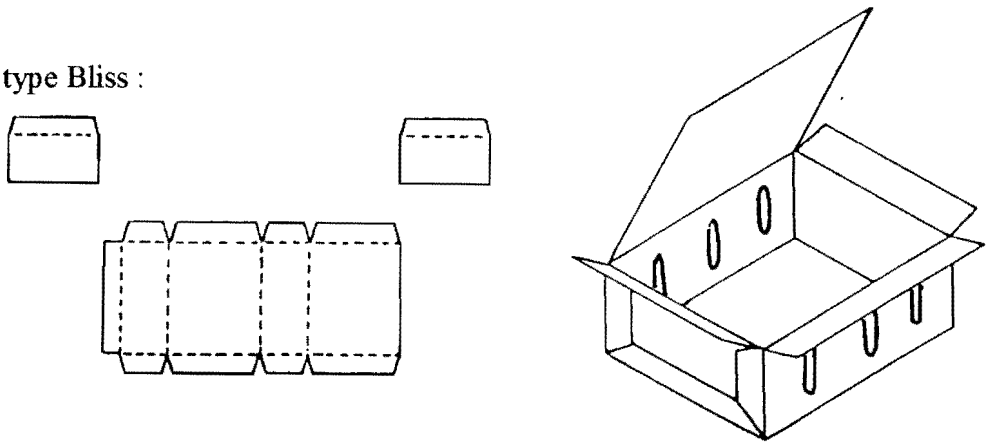
Boîte d'une pièce :



Boîte deux-pièces avec couvercle :



Boîte de type Bliss :

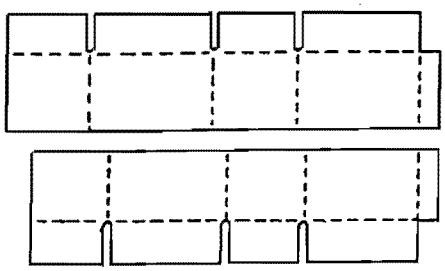


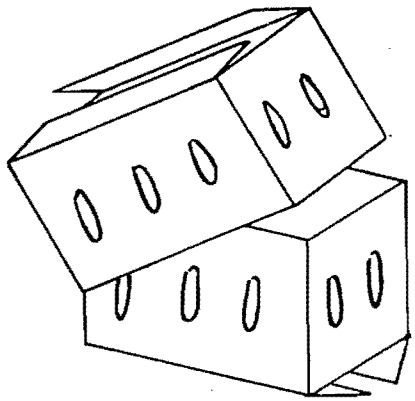
Source : McGregor, B. 1987. Tropical Products Transport Handbook. (Manuel de transport de produits tropicaux). USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook Number 668.

Conteneurs de conditionnement

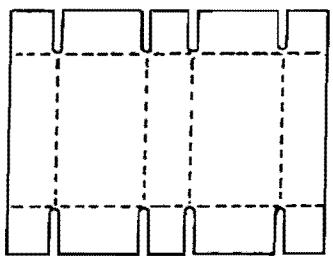
Les schémas ci-dessous représentent divers conteneurs de carton dur d'usage courant. On peut modifier les dimensions finales selon les besoins du manutentionnaire.

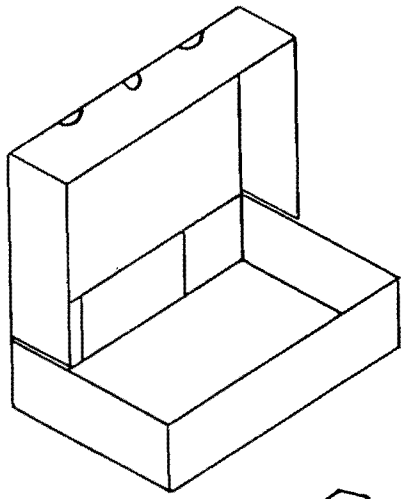
Boîte complètement télescopique :



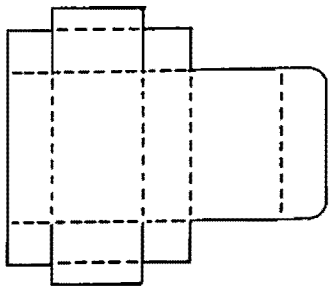


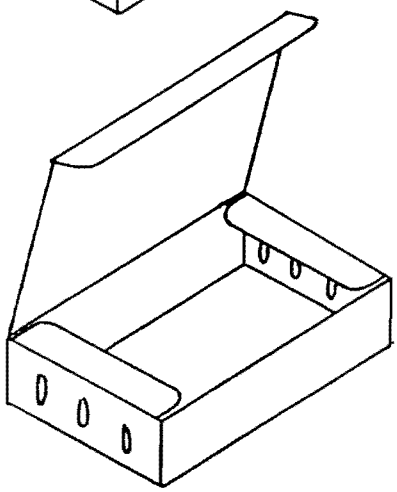
Boîte télescopique d'une pièce :





Boîte d'une pièce avec couvercle repliable :



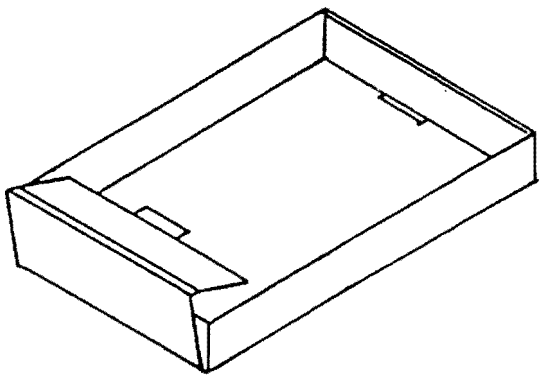


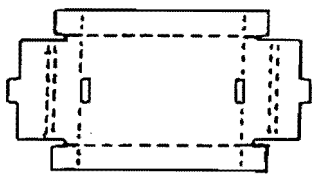
Source : McGregor, B. 1987. Tropical Products Transport Handbook. (Manuel de transport de produits tropicaux). USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook Number 668.

Conteneurs de conditionnement

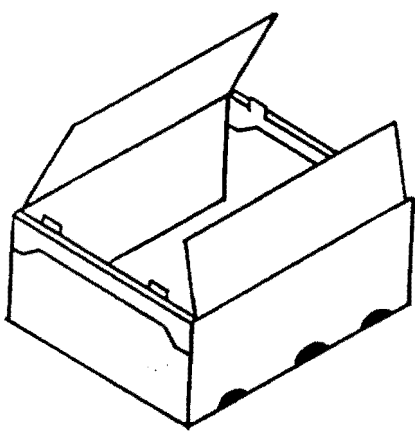
Les schémas ci-dessous représentent divers conteneurs de carton dur. On peut modifier les dimensions finales selon les besoins du manutentionnaire.

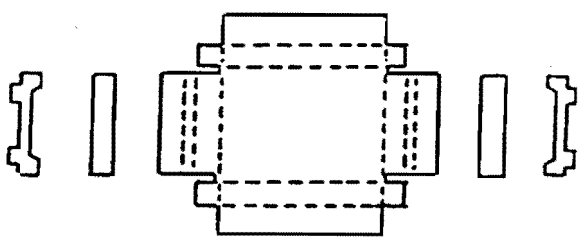
Caissette à fermeture automatique :





Boîte à enclenchement :



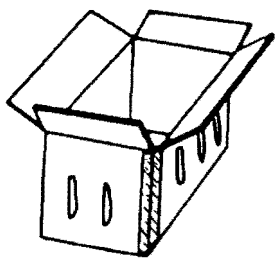


Source : McGregor, B. 1987. Tropical Products Transport Handbook. (Manuel de transport de produits tropicaux). USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook Number 668.

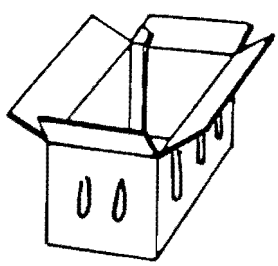
Conteneurs de conditionnement

L'utilisateur peut concevoir et fabriquer des conteneurs d'expédition en carton dur de toute taille et forme qu'il désire. On se sert couramment de trois sortes de joints pour la fabrication de boîtes solides.

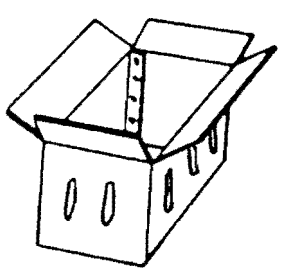
Joints rubanés :



Joints collés :



Joints agrafés :

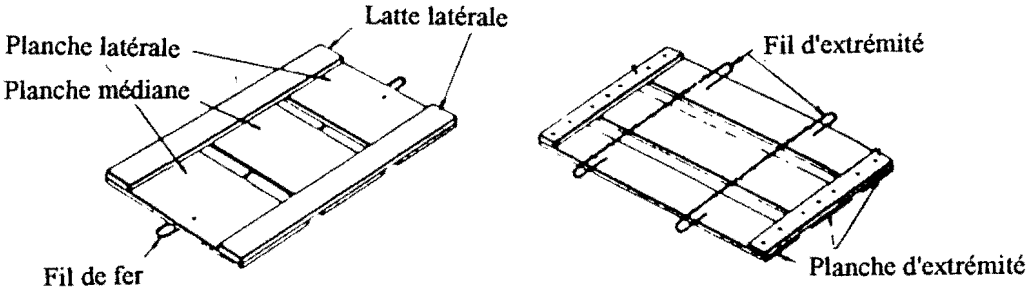


Source : Peleg, K. 1985. Produce Handling, Packaging and Distribution. (Manutention, emballage et distribution des produits fermiers) Westport, Connecticut : AVI Publishing Co., Inc.

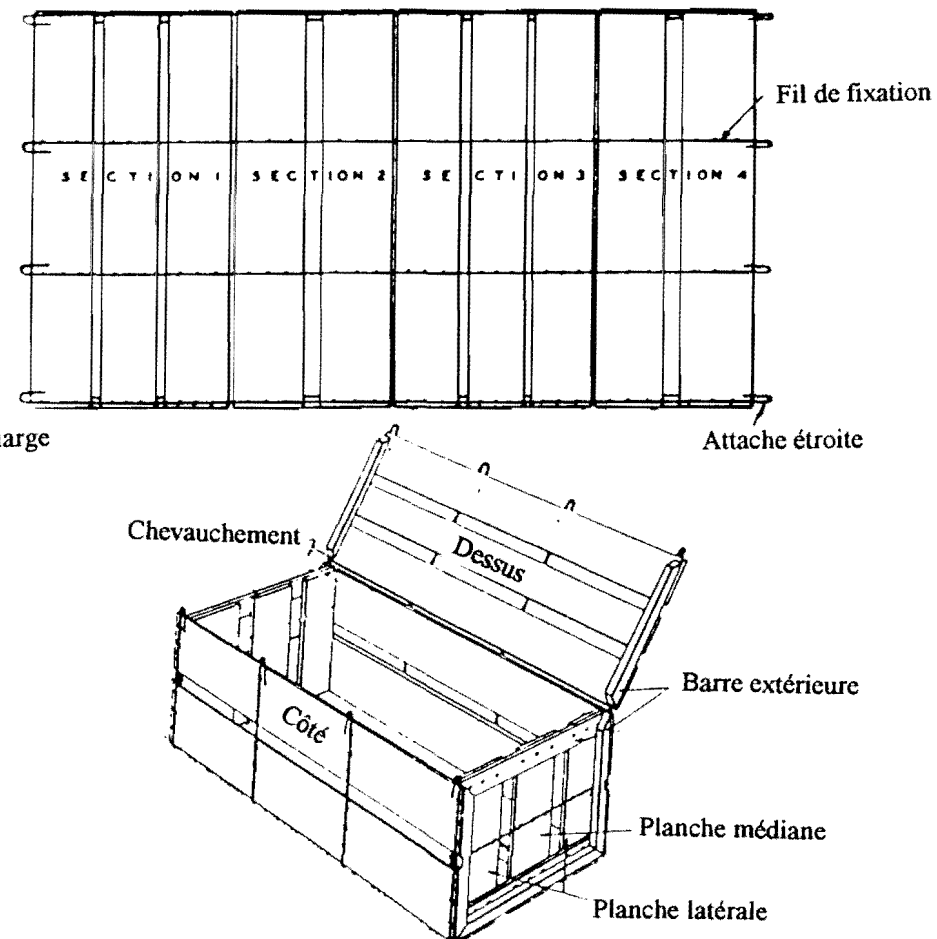
Conteneurs de conditionnement

On peut construire des conteneurs en bois et en fil métallique en suivant les schémas généraux ci-dessous. Un outil spécial de fermeture facilite le pliage des boucles de fil métallique sur le couvercle de la caisse. Les caisses assujetties par du fil métallique s'emploient pour de nombreux produits tels que les melons, les haricots, les aubergines, les légumes feuillus, les poivrons, les courgettes et les agrumes. Package Research Laboratory (41 Pine Street, Rockaway, New Jersey 07866, USA) peut vous fournir une liste de fournisseurs dans differentes régions des USA.

Bouts :



Cartridge pour le corps :

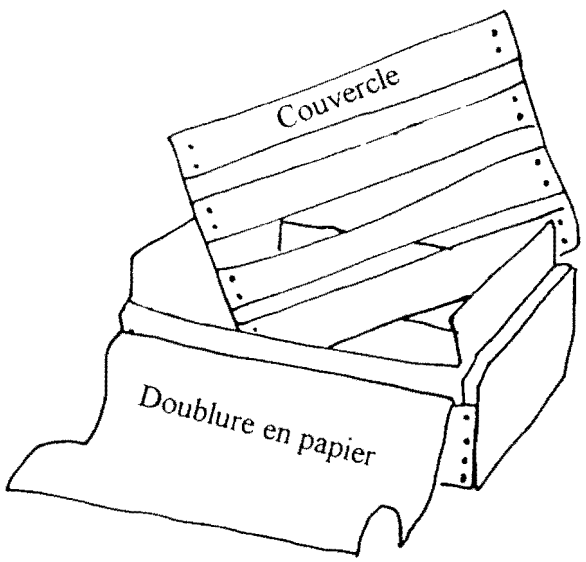


Source : Peleg, K. 1985. Produce Handling, Packaging and Distribution. (Manutention, emballage et distribution des produits fermiers) Westport, Connecticut : AVI Publishing Co.,Inc.

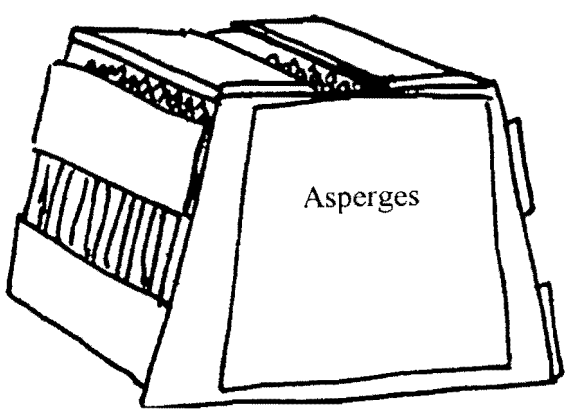
Conteneurs de conditionnement

Une caisse peu profonde, en bois, est l'emballage typique pour le raisin de table. Cette caisse est très solide et garde longtemps sa rigidité à l'ecrasement dans des conditions d'humidité relative élevée. On se sert aussi beaucoup de conteneurs en plastique rigide.

On replie souvent une doublure de papier sur le raisin avant de clouer le couvercle. Cette doublure protège les fruits de la poussière et de la condensation de l'eau. On peut, si on le désire, mettre auprès du raisin un emetteur du dioxyde de soufre et enveloppé de plastique, pour prévenir la décomposition. La plupart des produits autres que le raisin risquent d'être endommagés (décolorés) par les traitements au dioxyde de soufre.

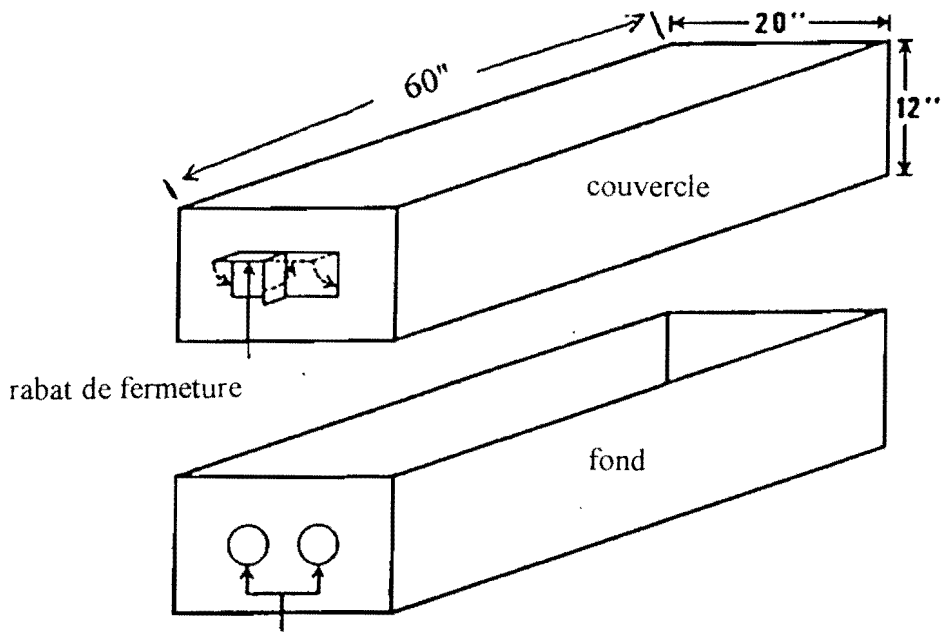


On se sert aussi de caisses en plastique rigide ou en bois pour les asperges. Les tiges parées sont emballées en position verticale dans des caisses qui permettent une ventilation généreuse.



Conteneurs de conditionnement

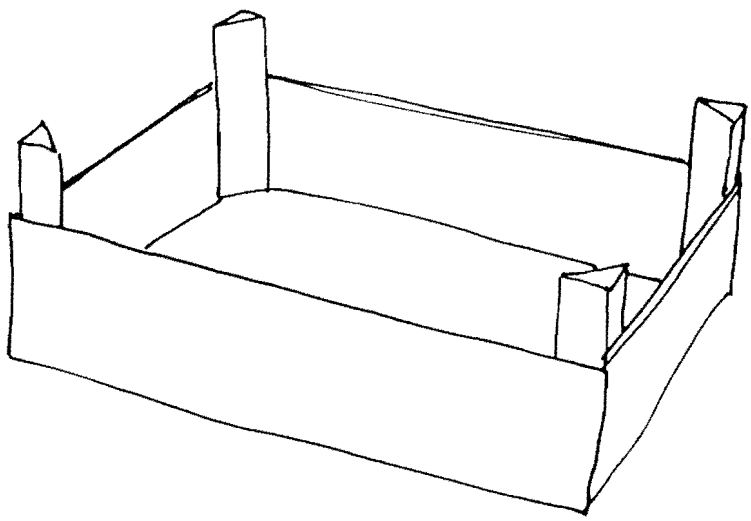
Pour les fleurs coupées, les conteneurs sont souvent longs et étroits, de conception entièrement télescopique, avec des ouvertures aux deux bouts pour faciliter le refroidissement par ventilation forcée. L'aire totale des ouvertures de ventilation devrait représenter 5% de l'aire totale de la surface de la boîte. Un volet de fermeture peut contribuer au maintien de températures fraîches au cas où il y aurait des retards temporaires dans le transport des boîtes ou un stockage dans un environnement ou la température n'est pas contrôlée.



Source : Rij, R. et autres. 1979. Handling, precooling and temperature management of cut flower crops for truck transportation.(Manutention, pré-refroidissement et gestion de la température pour le transport par camions des fleurs coupées). USDA Science and Education Administration, AAT-W-5, Leaflet 21058

Conteneurs de conditionnement

Une simple caissette de bois aux coins surélevés est superposable et permet une bonne ventilation pour les produits délicats telles que les tomates mûres.

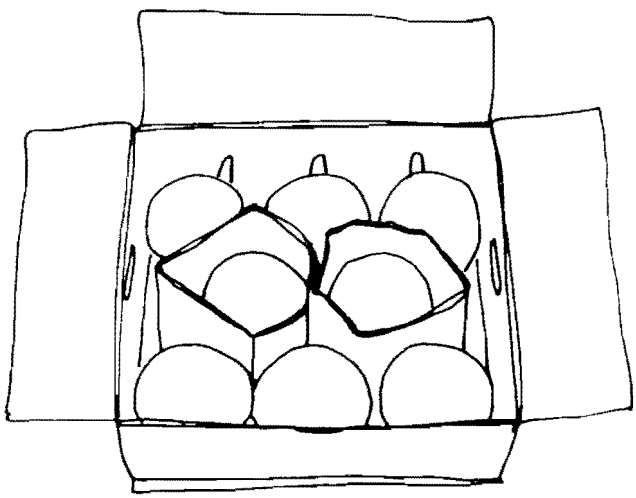


Source : FAO. 1985. Prevention of Post-Harvest Food Losses: A Training Manual. (Prévention des pertes d'aliments post-récolte : Un manuel de formation). Rome : UNFAO. 120 pp.

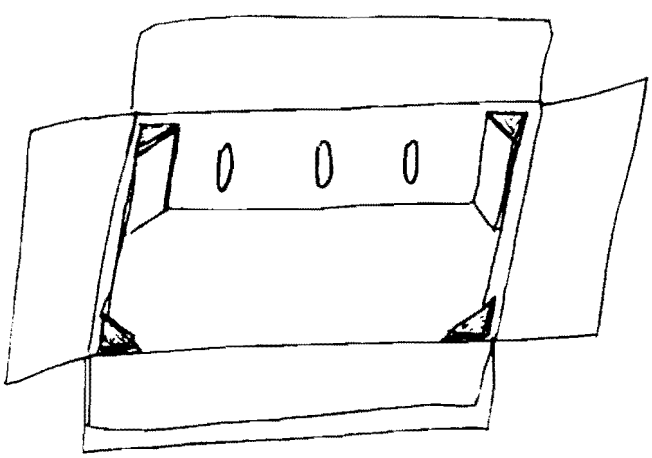
Méthodes d'emballage

L'addition d'une plaque séparatrice en carton dur à une boîte renforce sa solidité d'empilage. L'usage de plaques séparatrices est courant pour les produits lourds tels que les melons. Les plaques séparatrices évitent aussi le frottement des melons, les uns contre les autres pendant la manutention et le transport. L'addition de coins en bois, ou de carton plié en triangles, que l'on place dans les quatre coins, peut être particulièrement utile quand une boîte de carton a besoin de renforcement.

Plaque séparatrice en carton:



Supports triangulaires pour les coins :

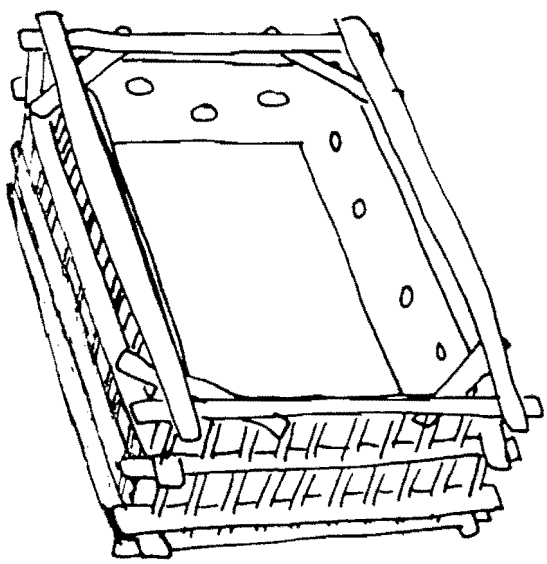


Source : McGregor, B. 1987. Tropical Products Transport Handbook. (Manuel de transport de produits tropicaux). USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook Number 668.

Méthodes d'emballage

Quand les conteneurs fabriqués localement ont des angles aigus ou des surfaces intérieures rugueuses, on peut se servir d'une doublure de carton dur, simple et peu coûteuse, qui protègera les produits des dégâts de manutention.

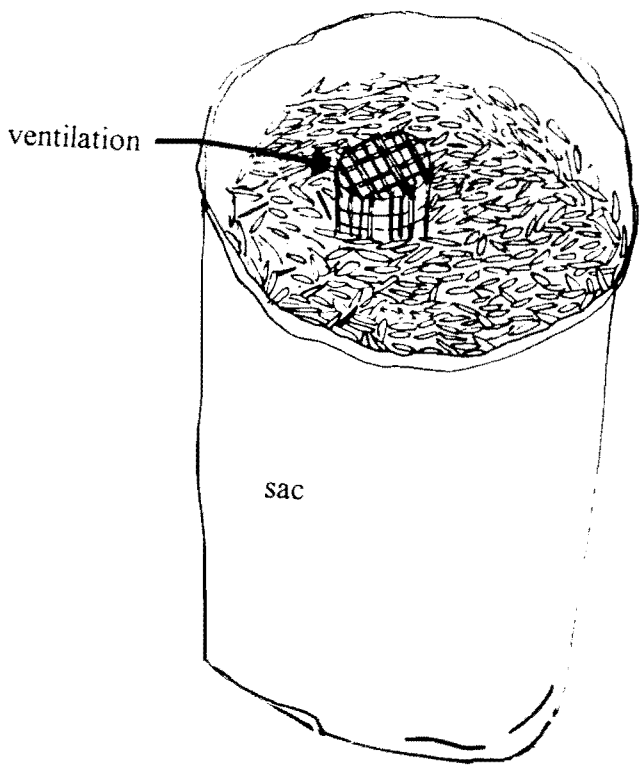
Doublure de carton pour une caisse de nervures de palmes :



Source : Blond, R.D. 1984. The Agricultural Development Systems Project in Egypt (1979-83), (Le projet de systèmes de développement agricole en Egypte), USAID/Ministry of Agriculture, Egypt/University of California, Davis.

Méthodes d'emballage

S'il faut employer de grands sacs ou paniers pour l'emballage en vrac de fruits ou de légumes, on peut se servir d'un simple conduite tubulaire pour réduire l'accumulation de chaleur causée par la respiration du produit. Dans l'illustration ci-dessous, on a utilisé un tube de bambou tressé environ un mètre de long pour ventiler un grand sac de piments.



Méthodes d'emballage

Des pochettes de papier ou de plastique mince sont des matériaux d'emballage utiles pour protéger les fleurs coupées des blessures de manutention et de transport. Dans l'illustration ci-dessous, un manutentionnaire glisse une pochette sur un bouquet de fleurs avant de placer celui-ci dans une boîte de carton dur ventilé. Les pochettes protègent les fleurs et servent aussi à séparer les bouquets à l'intérieur de la boîte.

Source : Reid, M.S. 1992. Dans : Kader, A.A. (Ed.) Postharvest Technology of Horticultural Crops. (Technologie post-récolte des cultures horticoles). University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311.

Etiquetage

L'étiquetage des paquets aide les manutentionnaires à suivre les produits dans leur acheminement le long du système post-récolte. Il aide aussi les grossistes et détaillants à utiliser les méthodes correctes. On peut imprimer les étiquettes à l'avance sur les boîtes en carton dur, ou les coller, les timbrer ou les imprimer au pochoir sur les conteneurs. La présence sur un emballage d'une étiquette portant une marque fait de la publicité pour l'agriculteur, le manutentionnaire et/ou les expéditeurs. Certains expéditeurs fournissent aussi des brochures qui décrivent en détail les méthodes de stockage ou offrent des recettes aux consommateurs.

Les étiquettes d'expédition peuvent comporter, en partie ou dans sa totalité, l'information suivante:

Nom d'usage commun du produit.
Poids net, nombre d'unités et/ou volume.
Marque.
Nom et adresse du manutentionnaire ou de l'expéditeur.
Pays ou région d'origine.
Taille et catégorie marchande.
Température de stockage recommandée.
Instructions spéciales pour la manutention.
Nom des cires et/ou pesticides autorisés que l'on a appliqués au produit.

Il est obligatoire d'étiqueter les emballages destinés aux consommateurs, selon les règles de la FDA (Administration des aliments et produits pharmaceutiques). L'étiquette doit inclure le nom du produit, son poids net et le nom et l'adresse de l'agriculteur, du manutentionnaire ou du distributeur.

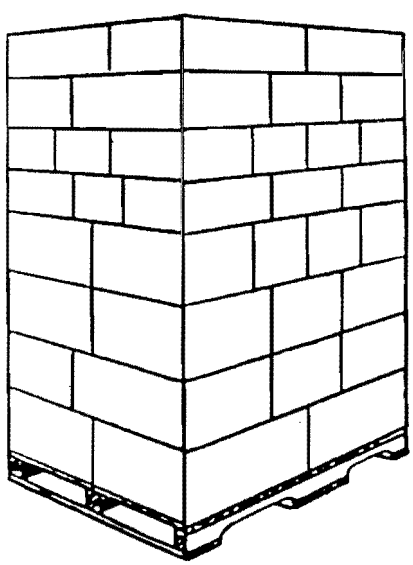
Source : McGregor, B. 1989. Tropical Products Transport Handbook. (Manuel de transport de produits tropicaux). USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook Number 668.

Modularisation (normalisation) des conteneurs

Quand on emballe en même temps plusieurs boîtes de carton de taille différente, on peut faciliter considérablement les phases suivantes de la manutention par l'emploi de tailles standard. Quand les boîtes dont on se sert ne sont pas uniformes, il peut en résulter des piles instables, ou bien les plus lourdes peuvent en écraser les légères. Une charge instable risque de se renverser pendant le transport ou de s'affaisser lors du stockage.

Nous indiquons ci-dessous les tailles de conteneurs qui sont recommandées. Ces conteneurs font partie du programme "MUM" (Modularization [normalisation], Unitization [unités uniformes] et Metrication [conversion au système métrique]) préconisé par l'USDA (Ministère de l'agriculture). Ils peuvent tous être empilés selon une variété de configurations qui dépendent de leur taille, mais ils formeront toujours un chargement stable sur une seule palette de 1000 x 1200 mm (40 x 48 pouces).

Exemple de conteneurs MUM formant une charge de palette

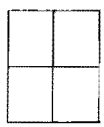


Source : Ashby, B.H. et autres. 1987. Protecting Perishable Food During Transport by Truck. (Protection des denrées périssables lors du transport par camion). Washington, D.C.; USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook No. 669.

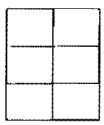
Modularisation (normalisation) des conteneurs

Les illustrations suivantes montrent l'arrangement de divers conteneurs MUM sur une palette standard (1000 x 1200 mm ou 40 x 48 pouces). L'usage de conteneurs MUM peut faire gagner de la place pendant le transport et le stockage, car il permet d'employer les palettes à près de 100%.

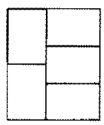
dimensions
600 x 500 mm
(23.62 x 19.68 in)
Pallet utilization: 100%



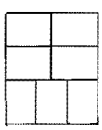
dimensions
500 x 400 mm
(19.68 x 15.75 in)
Pallet utilization: 100%



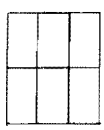
dimensions
600 x 400 mm
(23.62 x 15.75 in)
Pallet utilization: 100%



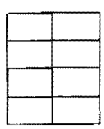
dimensions:
500 x 333 mm
(19.68 x 13.11 in)
Pallet utilization: 97%



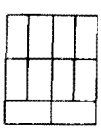
dimensions
600 x 333 mm
(23.62 x 13.11 in)
Pallet utilization: 99%



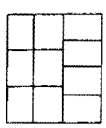
dimensions:
500 x 300 mm
(19.68 x 11.81 in)
Pallet utilization: 100%



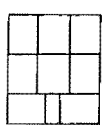
dimensions:
475 x 250 mm
(18.70 x 9.84 in)
Pallet utilization: 99%



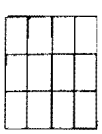
dimensions:
400 x 300 mm
(15.75 x 11.81 in)
Pallet utilization: 100%



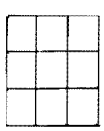
dimensions:
433 x 333 mm
(17.01 x 13.11 in)
435 x 330 mm
(17.12 x 12.99 in)
Pallet utilization: 96%



dimensions:
400 x 250 mm
(15.75 x 9.84 in)
Pallet utilization: 100%



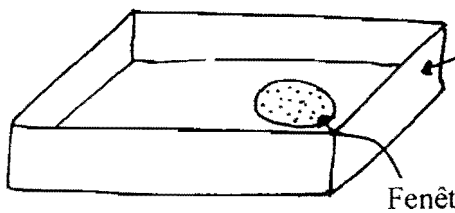
dimensions
400 x 333 mm
(15.75 x 13.11 in)
Pallet utilization: 99%



Source : McGregor, B. 1989. Tropical Products Transport Handbook. (Manuel de transport de produits tropicaux). USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook Number 668.

Emballage à atmosphère modifiée (MAP)

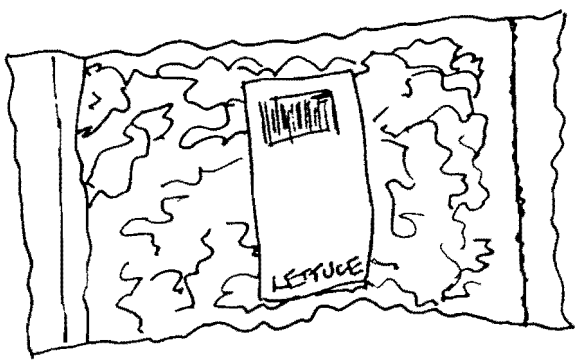
Dans un emballage pour consommateurs : Si on a bien assorti le produit aux caractéristiques de perméabilité des feuilles de plastique, une atmosphère bien adaptée pourra se développer passivement par la consommation de O_2 et la production de CO_2 pendant la respiration (Kader, 1992). Certains emballages en plastique rigide sont conçus avec une fenêtre de diffusion de gaz.



Récipient de plastique rigide fermé

Fenêtre de diffusion du gaz

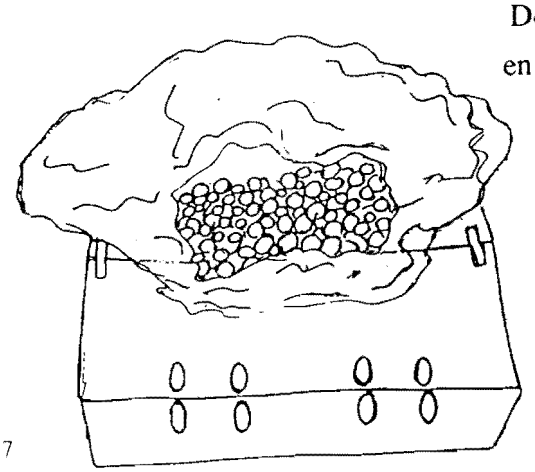
La laitue qui n'a subi qu'une légère transformation (elle a été hachée ou râpée, par exemple) peut être emballée dans des sacs de plastique de 5 mil. Après avoir créé un vide partiel dans le sac, on y introduit un mélange de gaz comportant de 30 à 50% de O_2 et de 4 à 6% de CO_2. Le sac est ensuite hermétiquement fermé.



Sac en plastique fermé

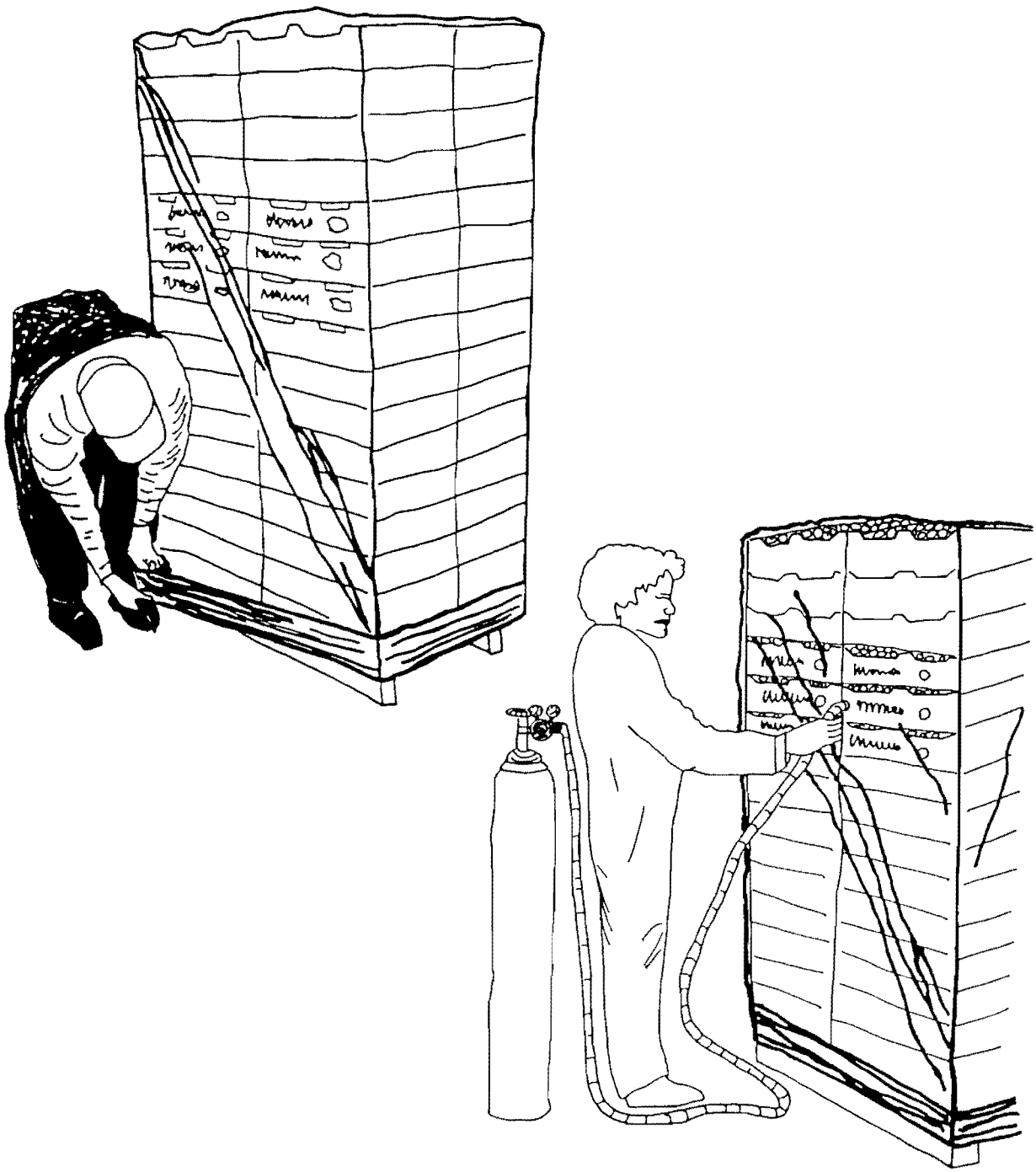
A l'intérieur d'un conteneur d'expédition : On ajoute des feuilles de polyéthylène comme doublure dans les conteneurs d'expédition pour cageots de cerises. On se sert de sacs en polyéthylène pour des bananes destinées à la vente sur des marchés lointains.

Doublure en plastique



Emballage à atmosphère modifiée (MAP)

Sur une même palette : On peut conditionner hermétiquement une charge de fraises, placée sur une même palette, dans une enveloppe de protection formée d'un sac de polyéthylène de 5 mil et d'une feuille de plastique recouvrant la palette de base, rattachés par une large bande collante. On peut alors créer un vide partiel et ajouter 15% de CO_2 à l'air avec un petit tuyau.

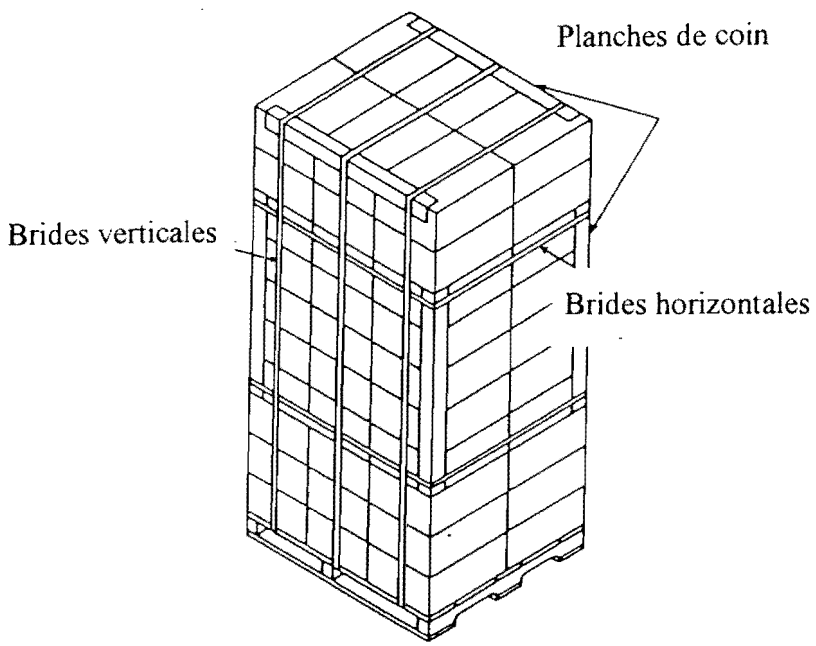


Charges unitaires

Parmi les expéditeurs et receveurs de produits agricoles, nombreux sont ceux qui préfèrent charger et décharger des charges isolées sur palettes plutôt que des conteneurs d'expédition individuels. Le passage aux charges isolées a réduit la manutention et les dégâts (subis par les conteneurs comme par les produits) et permet un chargement et un déchargement plus rapides des véhicules de transport.

Si les petits manutentionnaires veulent adopter la méthode des charges isolées pour expédier des produits agricoles, ils peuvent utiliser, soit des palettes de bois, soit des bâches pour la base de la charge. Pour stabiliser la charge, il est utile de se servir de repères pour aligner les caisses (par exemple, en plaçant la palette à charger contre le coin d'une salle, ou en construisant un jeu de planches "bounce boards" si l'on charge la palette à l'extérieur). Une autre façon d'améliorer la stabilité de la charge isolée est de se servir de conteneurs de carton dur, de plastique ou de bois avec des pattes verticales d'enclenchement. Les conteneurs doivent avoir des orifices de ventilation qu'on alignera quand on les empilera directement l'un sur l'autre. On peut mettre de la colle entre les couches de conteneurs pour empêcher la glissement, et il est bon d'assujettir la charge au moyen d'un filet de plastique ou de courroies de plastique ou de métal. Enfin, des "cornerboards", appuis faits de carton dur, de plastique ou de métal ajoutent aussi à la stabilité d'une charge isolée.

Courroies et "cornerboards" sur une charge unitaire :



Source : McGregor, B. 1989. Tropical Products Transport Handbook. (Manuel de transport de produits tropicaux). USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook Number 668.

Source : Ashby, B.H. et autres. 1987. Protecting Perishable Food During Transport by Truck. (Protection des denrées périssables lors du transport par camion). Washington, D.C.; USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook No. 669.

Section 5 : Côntrole de la pourriture et des insectes

La première action de défense contre les insectes et les maladies est la bonne gestion pendant la production. La deuxième est de faire la récolte avec soin et de se préparer au marché alors même qu'on est encore au champ. Troisièmement, le triage pour se débarrasser des produits blessés ou gâtés limitera la contamination des fruits et légumes sains. Pourtant, même quand on prend toutes les précautions voulues, il faut parfois traiter les produits agricoles pour lutter contre les insectes ou les microorganismes d'altération.

Certains champignons et bactéries en germination sont sensibles au froid, et on peut réduire les infections en traitant les fruits et légumes pendant quelques jours à la température la plus faible que ces produits supportent sans en subir des effeets nuisibles. Le *Rhizopus stolonifer* et l'*Aspergillus niger* (fumagine) peuvent être tués pendant la germination s'ils sont exposés à 0 C (32 F) pendant 2 jours ou davantage (Sommer, dans Kader, 1992). D'autre part, on peut aussi obtenir de bons résultats en plongeant brièvement les produits dans de l'eau chaude ou en les chauffant par ventilation forcée, ce qui réduit surtout la charge microbienne pour les produits telles que les prunes, les pêches, les papayes, les cantaloups et les fruits à noyau (Shewfelt, 1986), ainsi que les patates douces et les tomates.

Bien qu'une humidité élevée dans le milieu de stockage soit essentielle au maintien de la qualité des produits, la présence d'eau à leur surface risque de favoriser la germination et la pénétration d'agents pathogènes. Quand on retire les produits froids de leur stockage et qu'on les expose à des températures ambiantes, l'humidité de l'air chaud qui les entoure se condense à la surface froide (Sommer, dans Kader, 1992). On peut faire évaporer cette eau de condensation et réduire les risques d'infection en augmentant temporairement la vitesse de ventilation (par ventilateur) ou en augmentant l'exposition du produit à un air plus sec.

On se sert aussi de traitements par le froid pour lutter contre certains insectes, et particulièrement, en ce moment, contre les drosophiles. Le traitement exige 10 jours à 0 C (32 F) ou à une température inférieure, ou 14 jours à 1,7 C (35 F), ou à une température inférieurs. Il ne

s'applique donce qu'à des produits capables de résister à un stockage prolongé à des températures basses, tels que les pommes, poires, raisins, kiwis et kakis (Mitchell & Kader dans Kader, 1992). Pour les produits emballés avant le traitement en stockage froid, il faut protéger par des écrans les orifices de ventilation des emballages afin d'empêcher la propagation des insectes pendant la manutention.

Des bains d'eau chaude ou de l'air chaud peuvent servir à la lutte directe contre les insectes après la récolte. Pour les mangues, un traitement efficace est de 46,4 degrés C pendant 65 à 90 minutes, suivant la taille (Sommer & Arpaia dans Kader, 1992). Il ne faut pas toucher aux fruits juste après le traitement par la chaleur. Chaque fois qu'on applique de la chaleur à des produits frais, il faut les passer ensuite à la douche froide ou à une ventilation forcée, froide également, pour ramener les fruits à leur température optimale aussitôt que possible après la fin du traitement.

En ce qui concerne les insectes attaquant les noix et les fruits et légumes secs pendant le stockage, on peut les combattre par le stockage à froid (moins de 5 C ou 41 F), des traitements par la chaleur ou l'exclusion d'oxygène (0,5% ou moins) à l'aide d'azote. Il faut ensuite les emballer dans des conteneurs à l'abri des insectes pour empêcher des infestations ultérieures.

Certains végétaux sont des pesticides naturels. On sait que les feuilles du manioc protègent la récolte de racines de cette plante quand on les utilise comme matériaux de conditionnement dans des boîtes ou des sacs pour le transport et le stockage à court terme. On croit que les feuilles dégagent des cyanogènes qui sont toxiques aux insectes (Aiyer, 1978). On a découvert que les cendres de la *Lantana* et de l'*Ochroma logopur* étaient très efficaces lorsque ils sont utilisés par poudrage contre les pucerons à stries verts qui attaquaient les pommes de terre en stockage (CIP, 1982). Les propriétés des graines de margousier en tant que pesticide (sous forme d'extrait huileux ou aqueux) se font connaître de plus en plus et on les emploie dans le monde entier. Originaire de l'Inde, le margousier est un puissant pesticide pour les cultures alimentaires mais semble entièrement dépourvu de toxicité pour les êtres humains, les mammifères et les insectes utiles (NRC, 1992). Il faut prouver que tout "pesticide naturel" est sans danger pour les êtres humains avant que les service de réglémentation n'en autorisent l'usage.

Lutte chimique

Le lavage des fruits et légumes à l'eau chlorée peut empêcher la décomposition causée par des bactéries, des moisissures et des levures à la surface des produits. L'hypochlorite de calcium (en poudre) et l'hypochlorite de sodium (liquide) sont peu coûteux et faciles à trouver. L'efficacité du traitement sera moindre si l'on permet l'accumulation de matière organique dans l'eau de lavage. L'efficacité du chlore augmente au fur et à mesure que l'on réduit la valeur du pH de 11 à 8, mais le chlore devient instable à des valeurs inférieures.

On peut laver les fruits et légumes dans une solution d'hypochlorite (25 ppm de chlore actif pendant deux minutes), et ensuite les rinser pour combattre la décomposition bactérienne. Autre possibilité: plonger les produits dans une solution d'hypochlorite (de 50 à 70 ppm de chlore actif) et puis les rincer à l'eau du robinet pour combattre les bactéries, les levures et les moisissures.

Certains produits chimiques généralement reconnus comme étant sans danger ("Generally Recognized As Safe"; acronyme anglais GRAS) sont employés dans la lutte contre de nombreux champignons et moisissures des fruits.

Soufre :

On se sert du soufre, sous forme de pâte (ingrédient actif: 0,1 %) pour les bananes, afin de combattre les champignons de la pourriture du coeur.

On emploie l'anhydride sulfureux (SO_2) comme fumigateur ou , dans l'eau, pour la pulvérisation (0,5% pendant 20 minutes pour le premier traitement, ensuite à 0,2% pendant 20 minutes à 7 jours d'intervalle) sur le raisin pour combattre les champignons Botrytis, Rhizopus et Aspergillus.

En calculant minutieusement la quantité d'anhydride sulfureux nécessaire au traitement du raisin, on diminuera considérablement la nécessité de ventiler ou d'éliminer l'air de stockage après la fumigation pour se débarrasser de l'excédent de SO_2. Pour renseignements sur la technique de fumigation d' "utilisation totale" que l'on a mise au point pour le traitement du raisin avec de l'anhydride sulfureux, voir Luvisi (1992).

Bisulfite de sodium ou de potassium

On emploie les bisulfites dans un mélange de sciure de bois (généralement contenue dans un coussinet que l'on peut placer à l'intérieur d'un conteneur en carton) pour dégager le SO_2 afin de combattre les moisissures du raisin (5 grammes pour une carton de 10 à 11 kg).

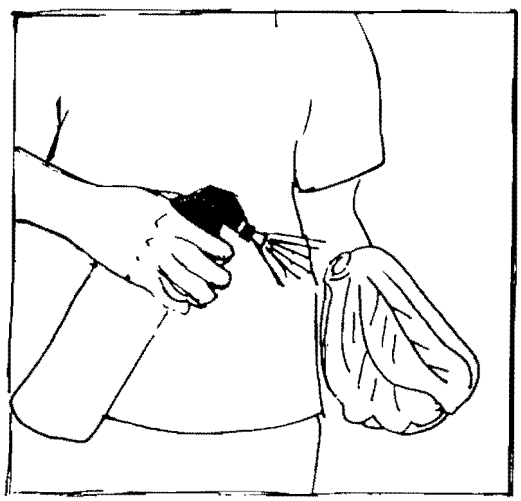
Sources: Luvisi, D.A. et autres. 1992. Sulfur Dioxide Fumigation of Table Grapes. (Fumigation du raisin de table au moyen d'anhydride sulfureux). University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Bulletin 1932.

Source: Ogawa, J.M.et Manji, N.T. dans : Moline, H.E. (Ed.) "Postharvest Pathology of Fruits and Vegetables." (Pathologie post-récolte des fruits et légumes) University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, UC Bulletin. 1914.

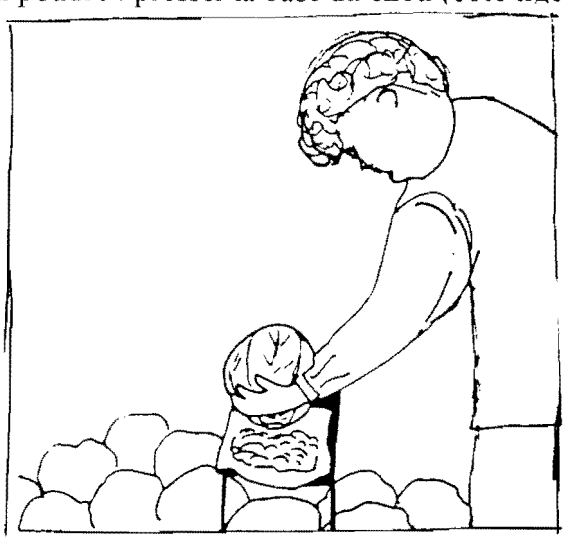
Lutte chimique

Pour combattre la pourriture bactérienne molle (Erwinia) du chou, on peut employer de la chaux en poudre ou une solution d'alun (sulfate d'aluminium et de potassium) à 15% dans de l'eau. Après traitement de la base de chou cachée, il faut laisser sécher les légumes pendant 20 à 30 minutes avant de procéder au conditionnement.

Application de la solution d'alun (on la pulvérise ou on l'applique au pinceau) :



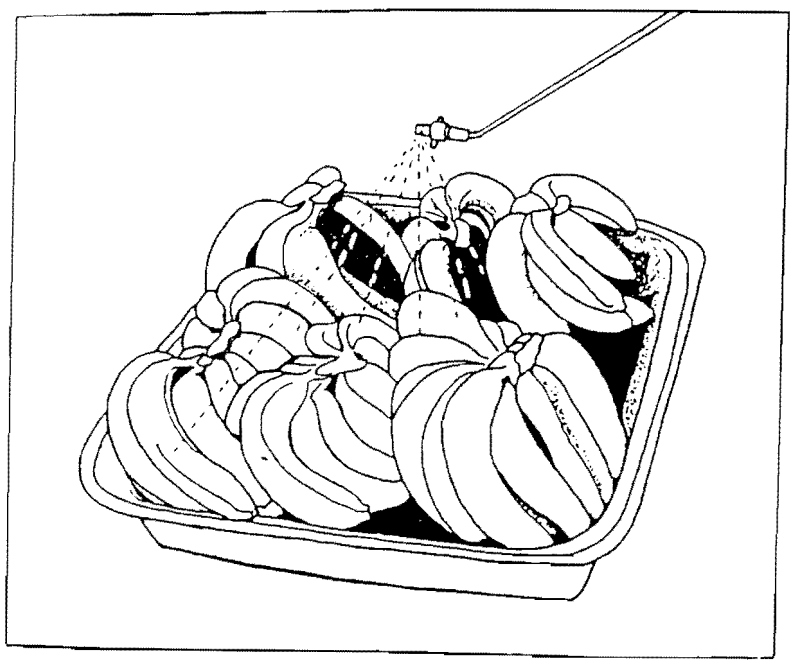
Application de chaux en poudre : presser la base du chou (côté tige) dans la poudre :



Source : Borromeo, E.S. et Ilag, L.L. 1984. "Alum and Lime Applications: Potential Postharvest Control of Cabbage Soft Rot." (Applications d'alun et de chaux : Echec post-récolte possible à la pourriture bactérienne du chou." Appropriate Postharvest Technology, 1(1):10-12.

Lutte chimique

Dans les cas où l'application de fongicides est necessaire, on peut se servir d'une simple cuvette au fond perforé pour contenir les fruits ou légumes pendant la pulvérisation. Dans l'illustration ci-dessous, on emploie un pulvérisateur pour l'application de fongicides à des bananes jusqu'au point d'écoulement. On les laisse ensuite sécher dans la cuvette perforée avant de poursuivre le conditionnement.



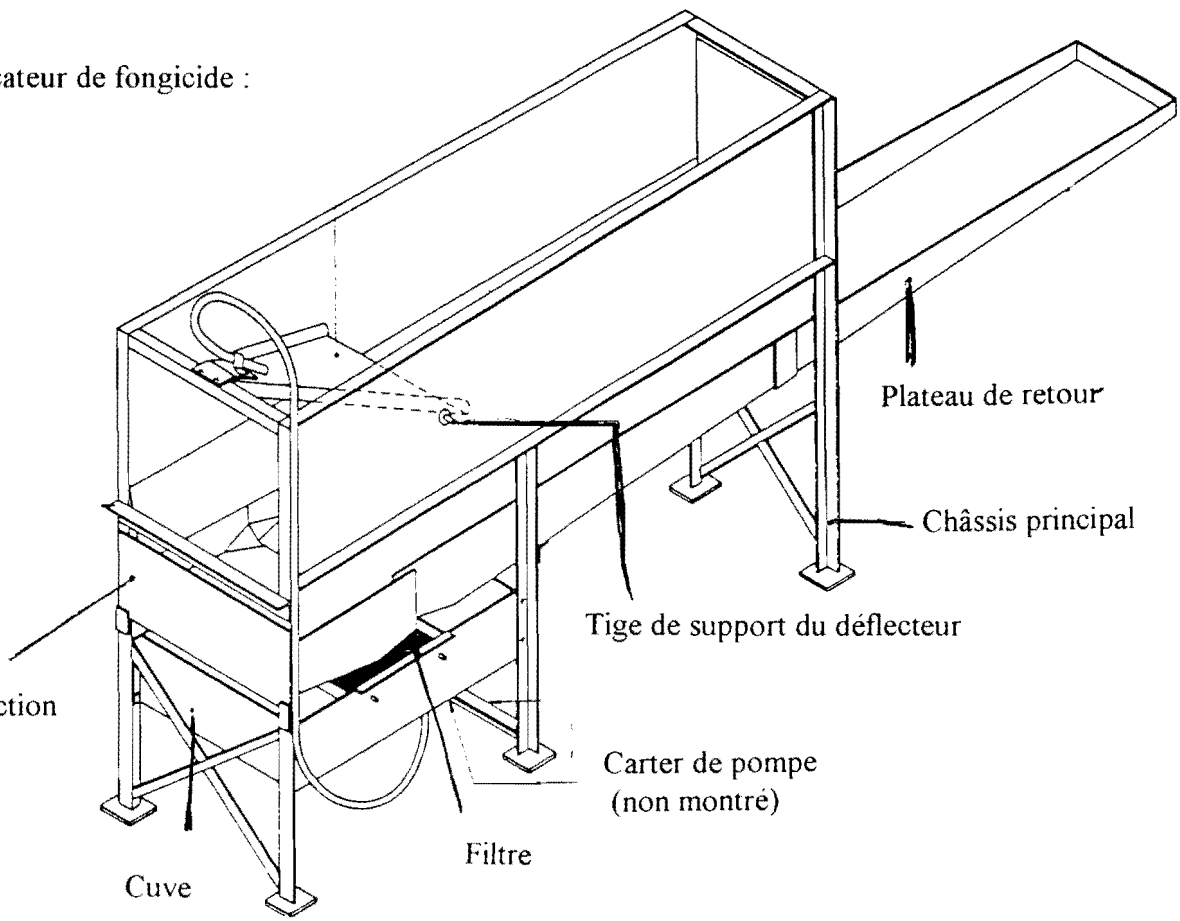
Source : FAO. 1989. Prevention of Post-Harvest Food Losses: A Training Manual. (Prévention des pertes d'aliments post-récolte : Un manuel de formation). Rome : UNFAO 157 pp.

Lutte chimique

Lorsqu'on conditionne les fruits pour l'exportation, on y applique souvent des fongicides pour satisfaire les exigences de normes internationales de qualité et pour réduire la détérioration pendant le transport. L'appplicateur dit "cascade applicator" illustré ci-dessous a été créé pour une application uniforme et efficace du fongicide au moyen d'un rideau liquide qui trempe les fruits.

On introduit les fruits, placés dans une cuvette de plastique, peu profonde et perforée, sur une bande de transporteur à rouleaux (pas visible) dans l'applicateur. A l'intérieur, un simple déflecteur en éventail crée un rideau de fongicide liquide. Les fruits passent sous le rideau et sont trempés, puis sortent de l'applicateur sur une cuvette de retour inclinée. Le réservoir contient jusqu'à 50 litres de solution de fongicide. Il y a une pompe, montée au niveau de la sortie du réservoir. Un filtre, monté au haut du réservoir, doit retenir tous corps étrangers au retour du fongicide, provenant du coffre d'application et de la cuvette de retour.

Applicateur de fongicide :



Source : Overseas Div., AFRC, Nat'l Institute of Agricultural Engineering, 1974. Bulletin No. 6 Silsoe, Bedfordshire, Angleterre.

Contrôle par l'atmosphère contrôlée ou modifiée

Pour les produits qui tolèrent des niveaux élevés de CO_2, de l'air enrichi de CO_2, de 15 à 20%, peut servir de fongistat dans la utte contre les agents pathogènes qui causent la décomposition, tels que le Botrytis cinerea, sur les fraises, myrtilles, mûres, figues fraîches et raisin de tables pendant le transport. Voir à la page 78 une description de la méthode de modification atmosphérique dans une couverture de palette.

On a démontré que des atmosphères insecticides (O_2 à 0,5% ou moins et/ou CO_2 à 40% ou plus) peuvent remplacer efficacement la fumigation au bromure de méthyle pour éliminer les infestations d'insectes dans les fruits secs, noix et légumes. L'efficacité des atmosphères insecticides dépend de la température, de l'humidité relative, de la durée de l'exposition et de la phase de vie de l'insecte. En voici quelques exemples :

1) On a combattu le charançon de la patate douce ("sweetpotato weevil" ou Cylas formicarius elegantulus) à des températures ambiantes dans des patates douces tropicales en stockage en les traitant avec des atmosphères de faible teneur d'oxygène et de haute teneur d'anhydride carbonique. A 25 C (76 F), le stockage dans 2 à 4% d'oxygène et 40 à 60% d'anhydride carbonique à eu pour résultat la mortalité des charançons adultes en 2 à 7 jours.

Source: Delate, K. et autres. Controlled atmosphere treatments for control of sweetpotato weevil in stored tropical sweetpotatoes. (Traitements avec climat intérieur de patates douces tropicales en stockage pour la lutte contre le charançon de la patate douce). Journal of Economic Entomology 83:461-465.

2) Le carpocapse des pommes et des poires (Cydia Pomonella) dans les fruits à noyau peut être combattu à 25 C (76 F) avec des atmosphères d'oxygène à 0,5% et d'anhydride carbonique à 10% pendant 2 à 3 jours (l'adulte et l'oeuf) ou de 6 à 12 jours (chrysalide). Les changements normaux de couleur et de fermeté pendant le mûrissement ne sont pas affectés par le traitement.

Source: Soderstrom, E.L. et autres. Responses of codling moth life stages to high carbon dioxide or low oxygen atmospheres. (Réactions du carpocapse à diverses étapes de sa vie vis-à-vis d'atmosphères à teneur élevée d'anhydride carbonique et à faible teneur d'oxygène.) Journal of Economic Entomology. 83:472-475.

Traitements thermiques

Le chauffage post-récolte à l'eau chaude ou par ventilation forcée d'air chaud pour tuer ou affaiblir les pathogènes peut être utilisé pour le contrôle de la pourriture dans les fruits et légumes frais.

TRAITEMENTS À L'EAU CHAUDE :

Produit	Pathogènes	Température (°C)	Durée (min)	Blessures possibles
Pomme	*Gloeosporium* sp. *Penicillium expansum*	45	10	Conservation réduite
Pamplemousse	*Phytophthora citrophthora*	48	3	
Haricots verts	*Pythium butleri* *Sclerotinia sclerotiorum*	52	0,5	
Citron	*Penicillium digitatum* *Phytophthora* sp.	52	5-10	
Mangue	*Collectotrichum gloeosporioides*	52	5	Non contrôle pourriture de tige
Melon	Champignons	57-63	0,5	
Orange	*Diplodia* sp. *Phomopsis* sp. *Phytophthora* sp.	53	5	reste verte
Papaye	Champignons	48	20	
Pêche	*Monolinia fructicola* *Rhizopus stolonifer*	52	2,5	Peau mobile
Poivron	*Erwinia* sp.	53	1,5	Légères taches

TRAITEMENTS PAR CIRCULATION FORCÉE D'AIR CHAUD :

Produit	Pathogènes	Température (°C)	Durée (min)	HR(%)	Blessures possibles
Pomme	*Gloeosporium* sp. *Penicillium expansum*	45	15	100	Détérioration
Melon	Champignons	30-60	35	basse	Nette détérioration
Pêche	*Monolinia fructicola* *Rhizopus stolonifer*	54	15	80	
Fraise	*Alternaria* sp. *Botrytis* sp., *Rhizopus* sp. *Cladosporium* sp.	43	30	98	

Source: Barkai-Golan, R. and Phillips, D.J. 1991. Postharvest heat treatments of fresh fruits and vegetables for decay control. (Traitement à la chaleur des fruits et légumes frais pour le contrôle de la pourriture) Plant Disease (Nov): 1085-1089.

Section 6: Contrôle de la température et de l'humidité relative

Il a été établi que pendant toute la période entre la récolte et la consommation, le contrôle de la température est le facteur le plus important pour le maintien de la qualité des produits fermiers. Les fruits, les légumes et les fleurs coupées sont des tissus vivants et respirants séparés de la plante mère. Garder les fruits et légumes à la plus basse température sans danger (0°C pour les produits tempérés ou 10°-12°C pour les produits sensibles au froid) augmente leur durée de conservation en diminuant les taux de respiration et de sensibilité à l'éthylène, et en réduisant la perte en eau. Diminuer la perte en eau ralentit le taux de dessèchement et de flétrissement, causes de nombreuses pertes après la récolte. Il est important d'éviter les blessures dues au froid, car les symptômes incluent, le non-mûrissage (bananes et tomates), l'apparition de piqûres ou de zones enfoncées (oranges, melons et concombres), de taches brunes (avocats, chérimoles, aubergine), une plus grande susceptibilité à la pourriture (concombres et haricots) et le développement d'un mauvais goût (tomates) (Shewfelt, 1990).

Si l'alimentation en électricité est disponible, les systèmes de réfrigération mécanique offrent la source de froid la plus sûre. Parmi ces méthodes, on trouve le refroidissement de local, le refroidissement par ventilation forcée, et le refroidissement par évaporation. Un grand nombre de refroidisseurs par ventilation forcée portatifs ont été mis au point pour les petits exploitants. (Talbot et Fletcher, 1993; Rij et al, 1979; Parsons et Kasmire, 1974). Néanmoins, il existe une variété de méthodes simples pour refroidir les produits fermiers là où l'électricité n'est pas disponible ou est trop chère. Quelques exemples de ces systèmes alternatifs (de Thompson dans Kader, 1992) incluent la ventilation par air nocturne, le refroidissement par radiation, le refroidissement par évaporation, l'emploi de glace et le stockage souterrain (caves à racines et tubercules, silos champêtres, cavernes ou haute altitude).

Le refroidissement fait appel au transfert de chaleur du produit à un moyen de refroidissement, tel une source de réfrigération. Les processus de transfert de chaleur incluent la conduction, la radiation et l'évaporation.

Quelques méthodes simples sont utiles pour refroidir et augmenter l'efficacité des systèmes de stockage partout où on les emploie, et surtout dans les pays en voie de développement, où les économies d'énergie peuvent être critiques. Il faut donner de l'ombre aux produits récoltés, aux zones de conditionnement, aux bâtiments employés pour le refroidissement et le stockage, et aux véhicules de transport. Donner de l'ombre chaque fois que c'est possible réduira les températures des produits fermiers qui arrivent. Les arbres conviennent bien et peuvent réduire les températures ambiantes autour des installations de conditionnement et de stockage. Des couleurs claires sur les bâtiments reflètent la lumière (et la chaleur) et diminuent la charge thermique. Quelquefois, des dépenses permettent de faire des économies, comme c'est le cas lors de l'achat de l'équipement d'éclairage. Les lampes au sodium à haute pression dégagent moins de chaleur et emploient moins d'énergie que les ampoules incandescentes.

Un autre aspect à considérer lors de la manutention des fruits et des légumes est l'humidité relative de l'environnement de stockage. La perte en eau des produits fermiers est souvent associée à une perte de qualité car des changements visuels, comme le dessèchement ou le flétrissement, et des changements de texture peuvent se produire. Si l'on emploie une réfrigération mécanique, une plus grande surface de serpentins du réfrigérateur correspond à une plus grande humidité relative dans la chambre froide. Mais il faut se souvenir que la perte en eau n'est pas toujours indésirable, par exemple si les produits fermiers sont destinés à la dessiccation ou à la mise en conserve.

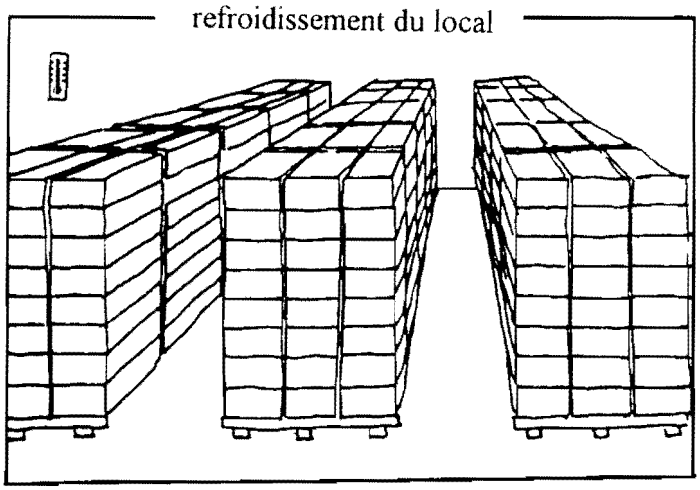
Pour les produits fermiers frais, toute méthode d'augmentation de l'humidité relative de l'environnement de stockage (ou la diminution du déficit de pression de vapeur entre le produit et son environnement) ralentira le taux de perte en eau. La meilleure façon

d'augmenter l'humidité relative est de réduire la température. Une autre méthode est d'ajouter de l'humidité dans l'air, par l'emploi de brumisateurs, vaporisateurs ou faute de mieux, en mouillant le sol de l'entrepôt. Une autre manière est d'employer des barrières contre l'évaporation, telles que la paraffine, les doublures en polyéthylène dans les boîtes, les boîtes enduites ou une variété de matériaux d'emballage bon marché et recyclables. Les matériaux d'emballage rendront plus difficile un refroidissement efficace, on recommande donc d'employer des garnitures avec des trous de ventilation (environ 5% de la zone totale de la garniture). Les trous de ventilation dans la garniture doivent être alignés avec les trous de ventilation dans l'emballage pour faciliter le refroidissement du produit à l'intérieur. Les garnitures avec ventilation diminueront le déficit de pression de vapeur sans interférence sévère avec le mouvement d'oxygène, de dioxyde de carbone et d'éthylène.

Réfrigération du local

La réfrigération du local est une méthode relativement peu coûteuse, mais lente, de refroidissement quand on dispose d'électricité pour la réfrigération mécanique. Au plus grande sera la surface de serpentins d'évaporation du réfrigérateur, au moins le produit perdra d'humidité pendant le refroidissement.

Il est important de laisser assez d'espace entre les piles de boîtes à l'intérieur du local réfrigéré pour que le produit refroidisse plus vite. Les piles doivent être étroites, d'environ une palette de largeur. L'air circulant à travers la pièce passe sur les surfaces par tout espace ouvert, de sorte que le refroidissement de l'extérieur au centre des piles se fait surtout par conduction. (voir Mitchell dans Kader, 1992 pour de plus amples informations).

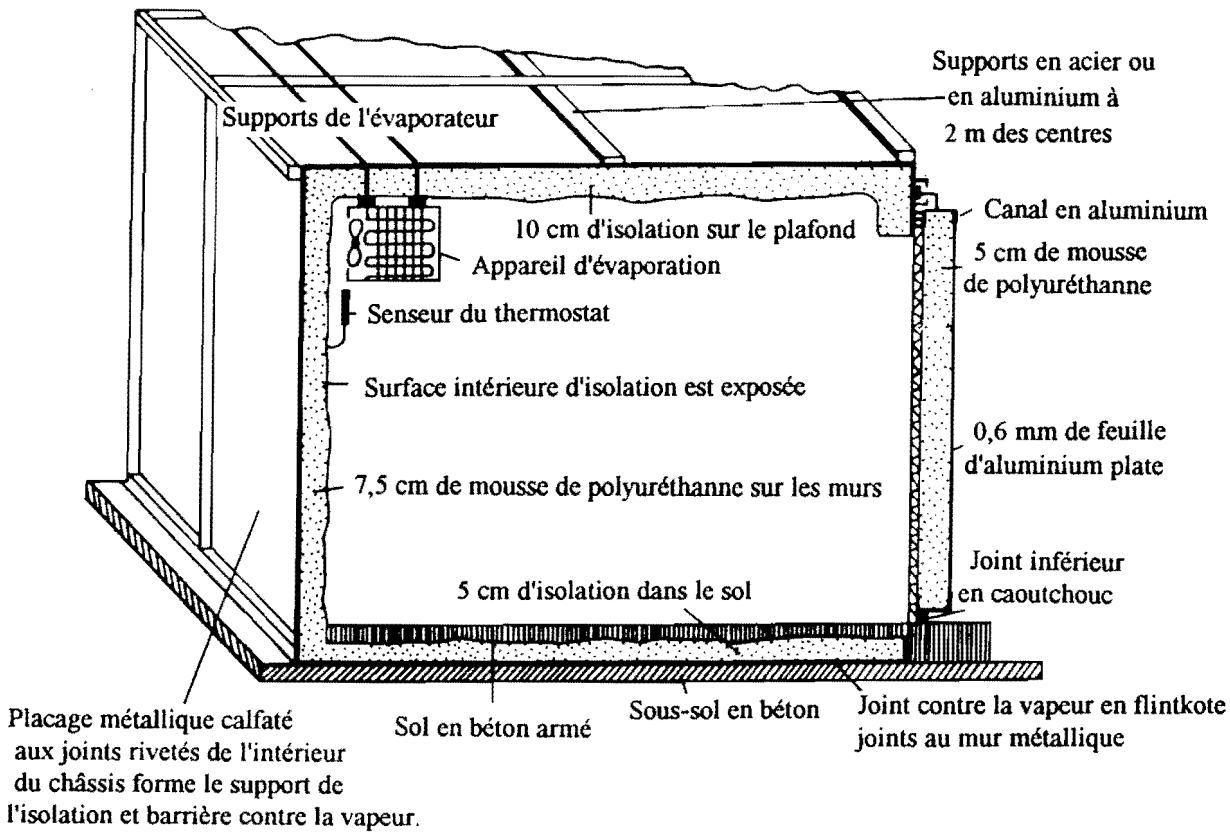


Source: Kasmire, R.F. 1977. California Tomatorama. (Tomatorama de Californie) Fresh Market Tomato Advisory Board Information Bulletin No. 17.

Réfrigération du local

On peut construire des chambres froides peu coûteuses en employant du béton pour le sol et de la mousse de polyuréthanne comme isolation. Construire l'entrepôt en forme de cube réduira la surface par unité de volume d'espace de stockage, réduisant de ce fait les coûts de construction et de réfrigération. Il faut calfater tous les joints et munir la porte d'un joint en caoutchouc.

Pour les plans complets de construction de chambres froides d'échelle réduite, contactez le Small Farm Center (Centre de petites fermes), University of California, Davis CA 95616, et demandez l'ouvrage intitulé Small-Scale Cold Rooms for Perishable Commodities (Chambres froides d'échelle réduite pour les denrées périssables) par Thompson et Spinoglio (1994).



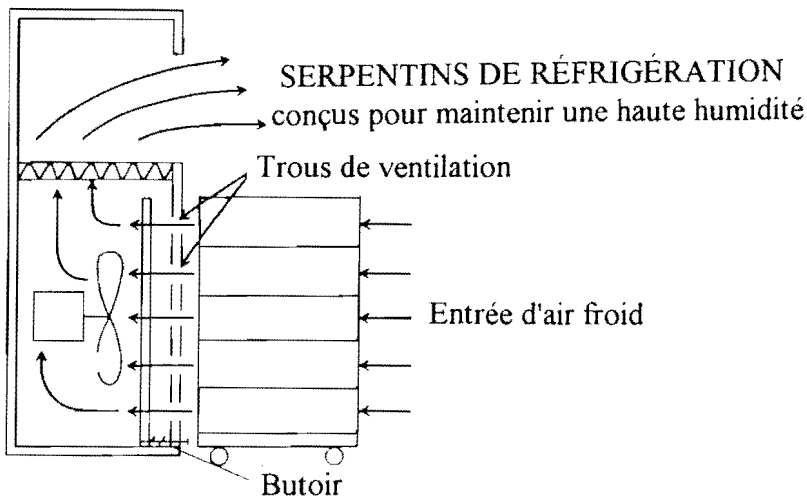
Source: Tugwell, B.L. No date. Coolroom construction for the fruit and vegetable grower. (Construction de chambre froide pour le producteur de fruit et légumes) Department of Agriculture and Fisheries, South Australia. Special Bulletin 11.75.

Refroidissement par ventilation forcée

Le refroidissement par ventilation forcée fait circuler l'air à travers les récipients de stockage et augmente de beaucoup la vitesse de refroidissement de tout produit fermier. De nombreux types de refroidisseurs par ventilation forcée peuvent être construits pour faire circuler l'air humide sur les produits. L'exemple donné ci-dessous est un appareil fixe, avec un ventilateur encastré dans le mur de la chambre froide.

Refroidisseur par ventilation forcée mural :

Le registre s'ouvre quand on pousse la palette contre le butoir

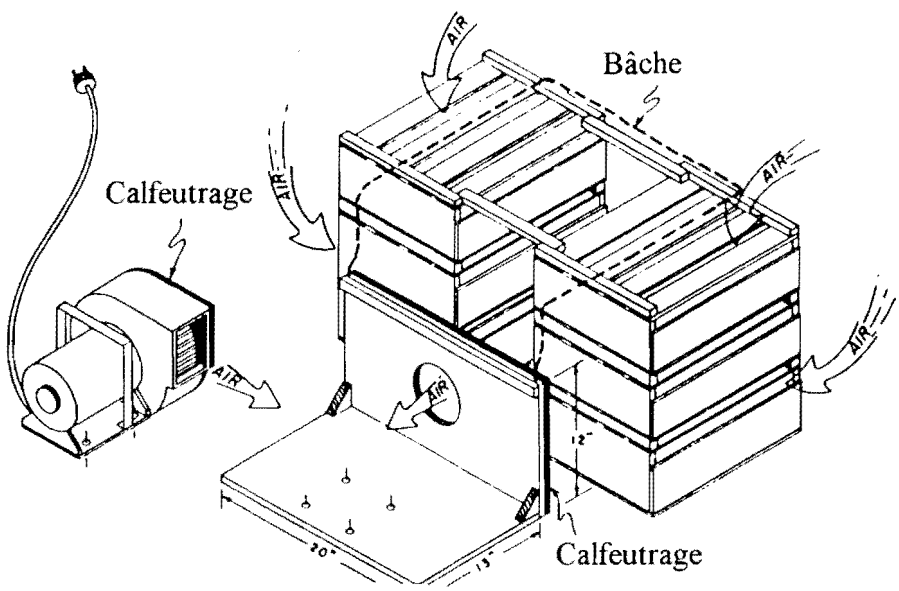


Source: Rij, R. et al. 1979. Handling, Precooling, and Temperature Management of Cut Flower Crops for Truck Transportation. (Manutention, pré-refroidissement et gestion de la température des fleurs coupées pour transport en camion) USDA Science and Education Administration, AAT-W-5, UC Leaflet 21058.

Refroidissement par ventilation forcée

On peut construire un refroidisseur par ventilation forcée portatif en employant une bâche ou une feuille de polyéthylène. La feuille est enroulée au-dessus et derrière les boîtes sur le sol, isolant l'appareil et forçant l'air à travers les trous de ventilation (la surface de ventilation doit représenter au moins 5% de la surface du carton) des cartons empilés contre le refroidisseur. Cet appareil est conçu pour être employé à l'intérieur d'un entrepôt réfrigéré.

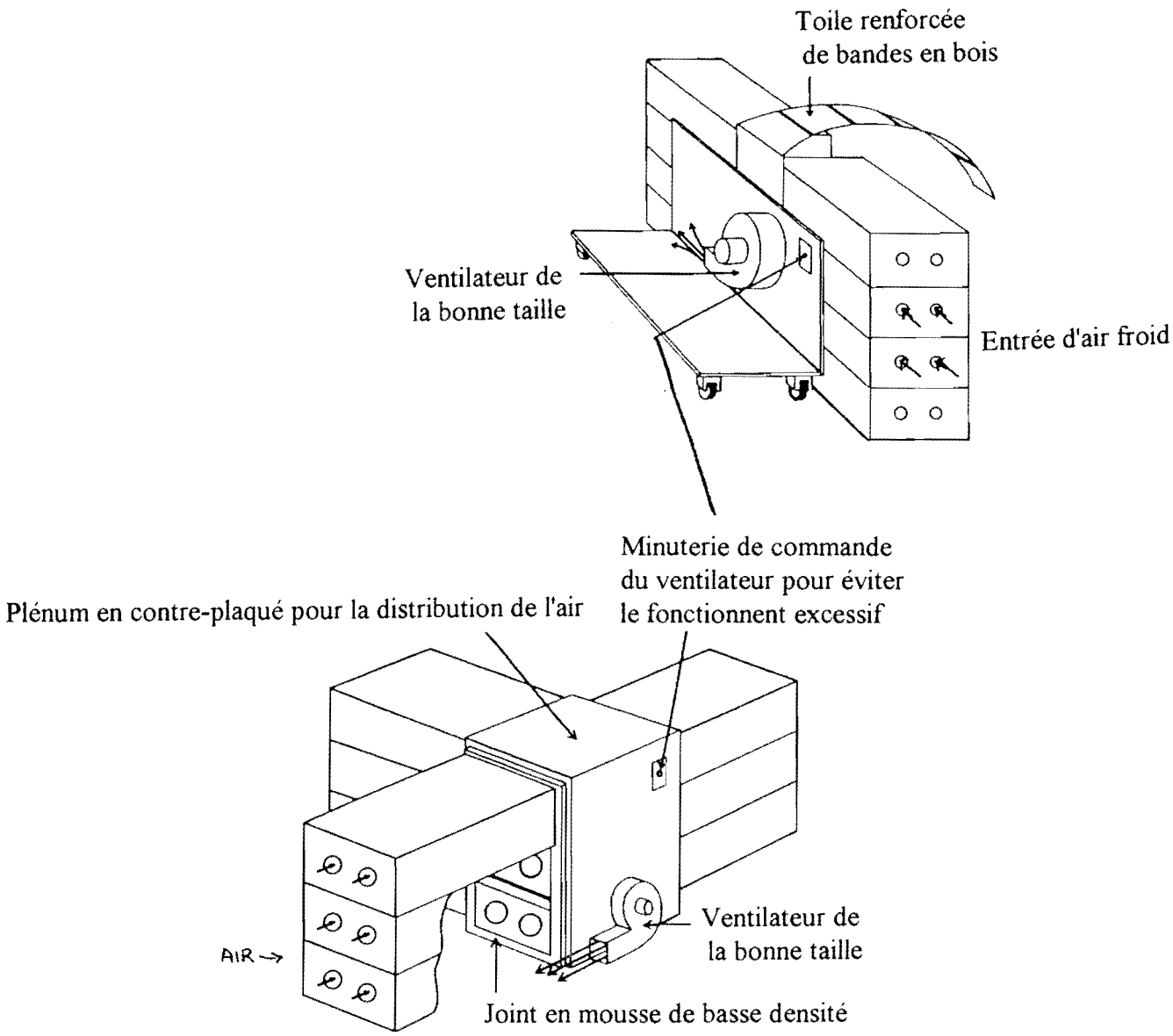
Refroidisseur par ventilation forcée portatif :



Source: Parsons, R.A. and Kasmire, R.F. 1974. Forced-air unit to rapidly cool small lots of packaged produce.(Appareil de ventilation forcée pour refroidir rapidement de petites quantités de produits fermiers emballés) University of California Cooperative Extension, OSA #272.

Refroidissement par ventilation forcée

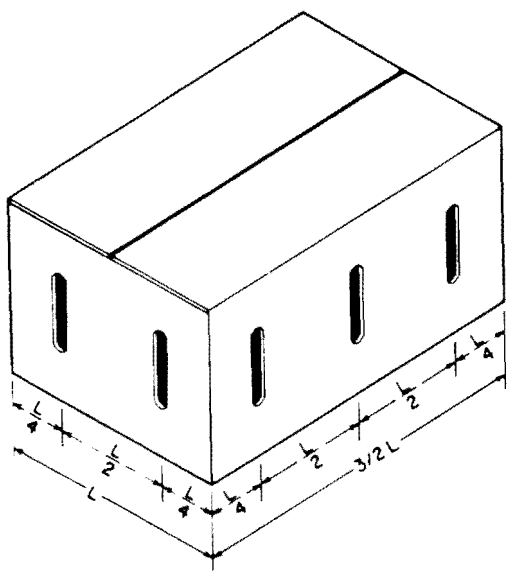
L'illustration ci-dessous montre deux types de refroidisseurs par ventilation forcée Chacun est équipé d'un ventilateur pour faire circuler l'air de la chambre froide à travers le produit en boîte.



Source: Rij, R. et al. 1979. Handling, Precooling and Temperature Management of Cut Flower Crops for Truck Transportation. (Manutention, pré-refroidissement et gestion de la température des fleurs coupées pour le transport en camion) USDA Science and Education Administration, UC Leaflet 21058.

Refroidissement par ventilation forcée

L'illustration ci-dessous montre la disposition recommandée des trous de ventilation pour les cartons employés pour garder les produits fermiers refroidis par ventilation forcée. Les trous de ventilation doivent représenter 5% de la surface totale et doivent être situés à une distance de 5 à 7,5 cm des coins. Il vaut mieux avoir quelques grands trous de ventilation (1 à 3 cm) que plusieurs petits trous.



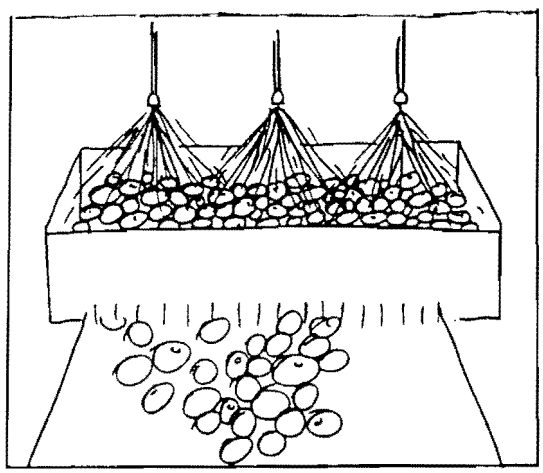
Source: Mitchell, F.G. et al. 1972. Commercial cooling of fruits and vegetables. (Refroidissement commercial des fruits et légumes) California Agricultural Experiment Station Extension Service, Manual 43.

Hydro-refroidissement

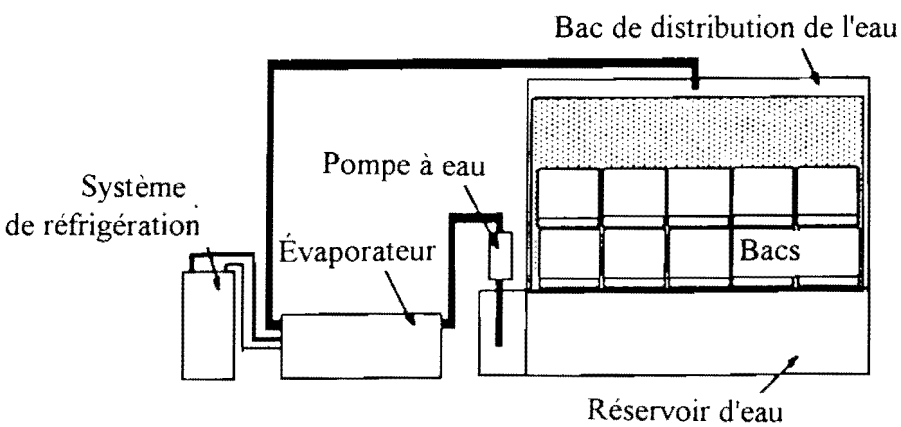
L'hydro-refroidissement apporte un refroidissement rapide et uniforme pour certains produits. Le produit aussi bien que les matériaux d'emballage doivent pouvoir tolérer l'humectage, le chlore (employé pour stériliser l'eau d'hydro-refroidissement) et les dégâts du battage par l'eau. (Mitchell dans Kader, 1992).

La version la plus simple d'un hydro-refroidisseur est une cuve d'eau froide dans lequel on immerge le produit. Le type montré ci-dessous arrose un lot de produits d'eau glacée tandis que le produit passe sur un convoyeur On peut construire un hydro-refroidisseur pour contenir des palettes entières de produits fermiers (Thompson dans Kader, 1992). On peut ajouter des convoyeurs pour contrôler le temps que les produits restent en contact avec l'eau froide.

Hydro-refroidissement :



Hydro-refroidisseur par lots :

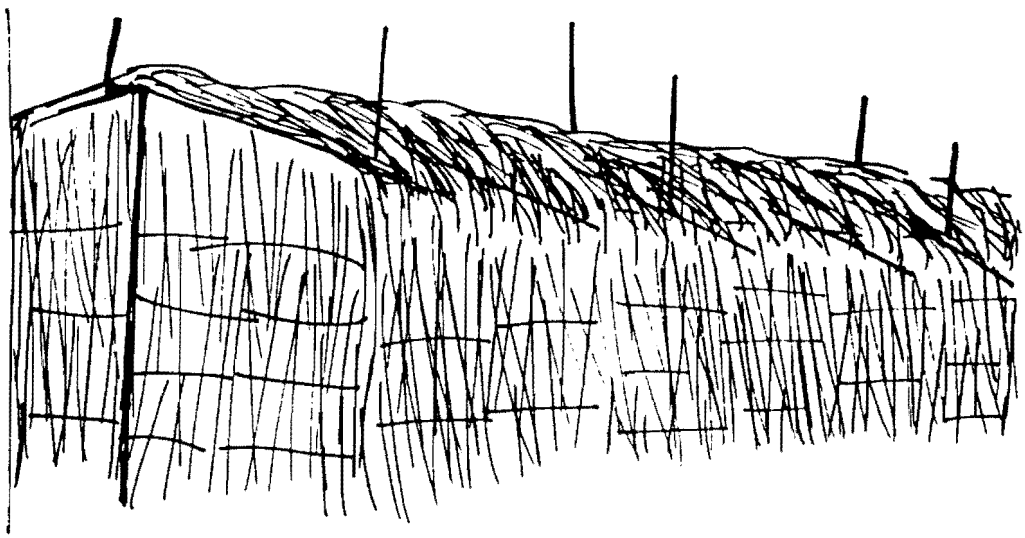


Source: Kasmire, R.F. 1977. California Tomatorama. (Tomatorama de Californie) Fresh Market Tomato Advisory Board Information Bulletin No. 17.

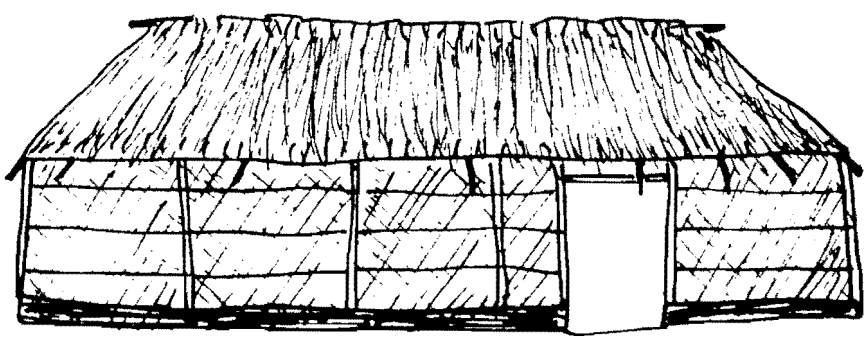
Refroidissement par évaporation

Ces entrepôts sont construits à partir de matériaux naturels qui peuvent être humectés d'eau. Mouiller les murs et le toit tôt matin crée les conditions pour le refroidissement par évaporation d'un hangar de conditionnement construit en paille.

Un hangar de conditionnement en paille :



Les murs d'un hangar de conditionnement illustré ci-dessous sont faits de grillages métalliques et contiennent du charbon de bois. En humectant le charbon de bois avec de l'eau chaque matin, on refroidit la structure par évaporation pendant la journée.



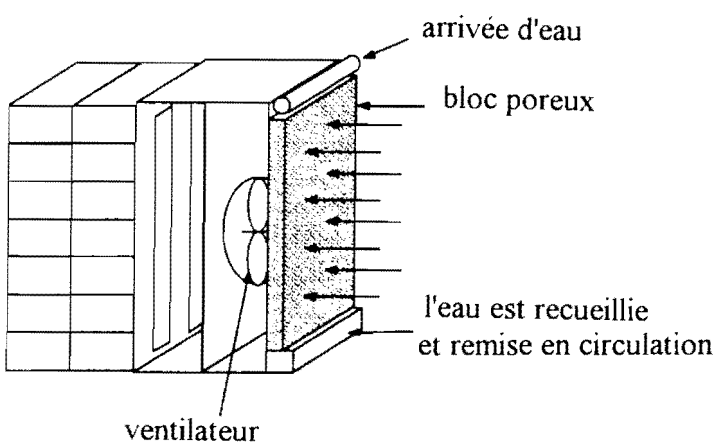
Source: FAO. 1986. Improvement of Post-Harvest Fresh Fruits and Vegetables Handling- A Manual. (Amélioration de la manutention post-récolte des fruits et légumes frais : Un manuel) Bangkok: UNFAO Regional Office for Asia and the Pacific.

Refroidissement par évaporation

On peut construire des refroidisseurs par évaporation pour refroidir l'air dans la totalité d'une structure de stockage ou pour seulement quelques récipients de produits. Ces refroidisseurs conviennent le mieux à des régions où l'humidité est basse car le refroidissement se limite à 1° ou 2°C au-dessus de la température au thermomètre mouillé. On fait circuler l'air au travers d'un bloc de refroidissement en fibre de bois ou en paille au moyen d'un petit ventilateur. Dans l'exemple donné ici, 2 litres d'eau par minute s'écoulent goutte à goutte sur un bloc de 0,75 m², apportant assez d'air humide pour le refroidissement de 18 cageots de produits fermiers en 1 ou 2 heures. L'eau est recueillie dans un plateau à la base de l'appareil et remise en circulation.

Un refroidisseur par évaporation peut être combiné avec un refroidisseur par ventilation forcée pour de petites quantités de produits. L'air est refroidi en passant à travers le bloc humide avant de passer à travers les emballages et autour des produits. L'air peut être refroidi jusqu'à quelques degrés de la température au thermomètre mouillé de l'air ambiant.

Refroidisseur par ventilation forcée et évaporation :

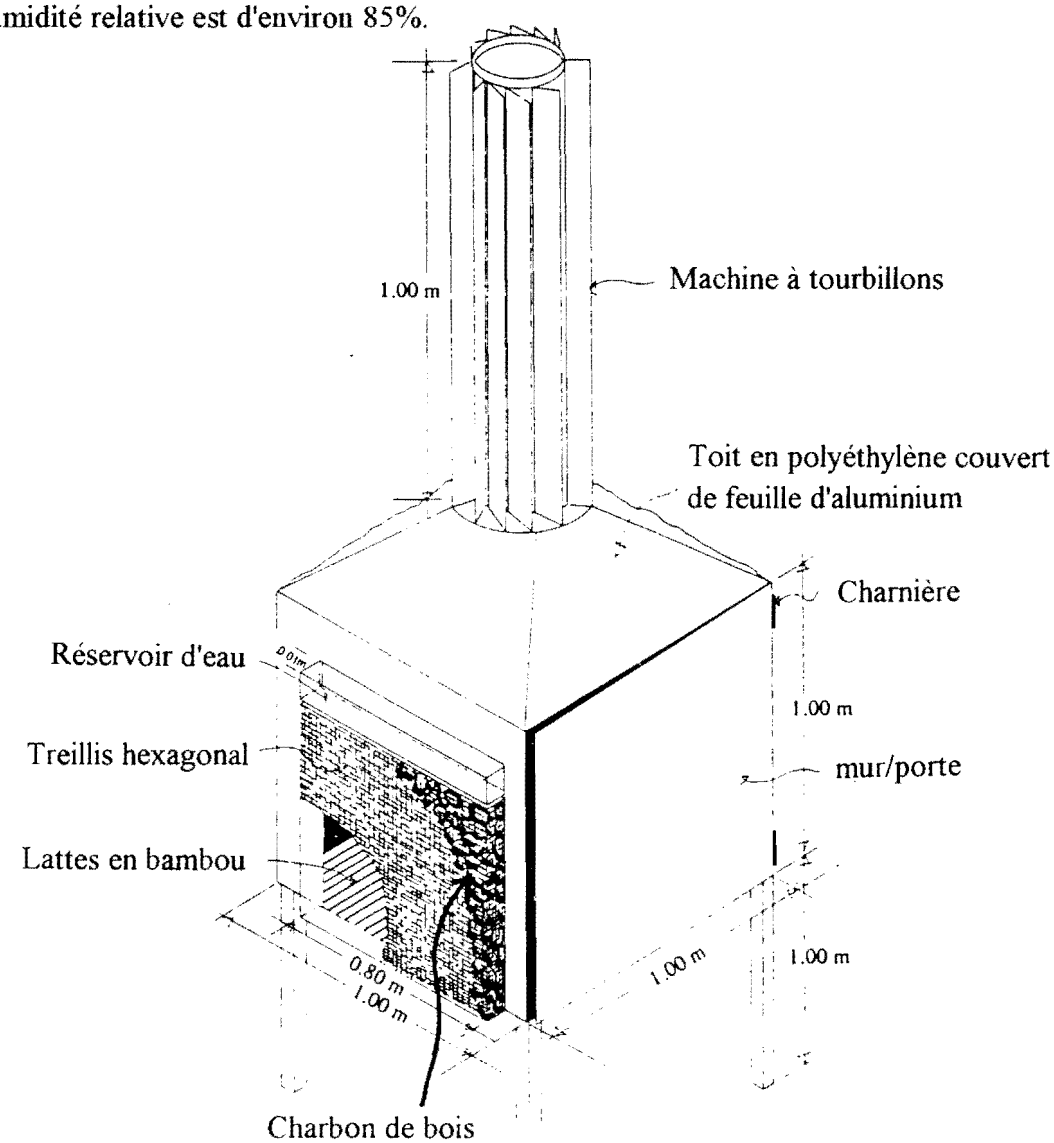


Source: Thompson, J. F. and Kasmire, R.F. 1981. An evaporative cooler for vegetable crops. (Un refroidisseur par évaporation pour les légumes) California Agriculture, March-April: 20-21.

Source: Mitchell dans Kader, 1992. Postharvest Technology of Horticultural Crops. (Technologie post-récolte des récoltes horticoles) University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311. 296 pp.

Refroidissement par évaporation

Le refroidisseur par évaporation montré ci-dessous est équipé d'une machine à tourbillons d'air. On a employé un grillage à mailles hexagonales pour construire deux boîtes minces sur des côtés opposés du refroidisseur, ces boîtes sont remplies des morceaux de charbon de bois humides ou de la paille mouillée. L'eau s'écoule goutte à goutte sur le charbon de bois ou la paille, et l'air met la turbine en mouvement, faisant circuler l'air froid et humide à travers les produits à l'intérieur du refroidisseur. Quand on emploie ce refroidisseur, les températures sont réduites de 3° à 5°C en dessous de la température ambiante, et l'humidité relative est d'environ 85%.

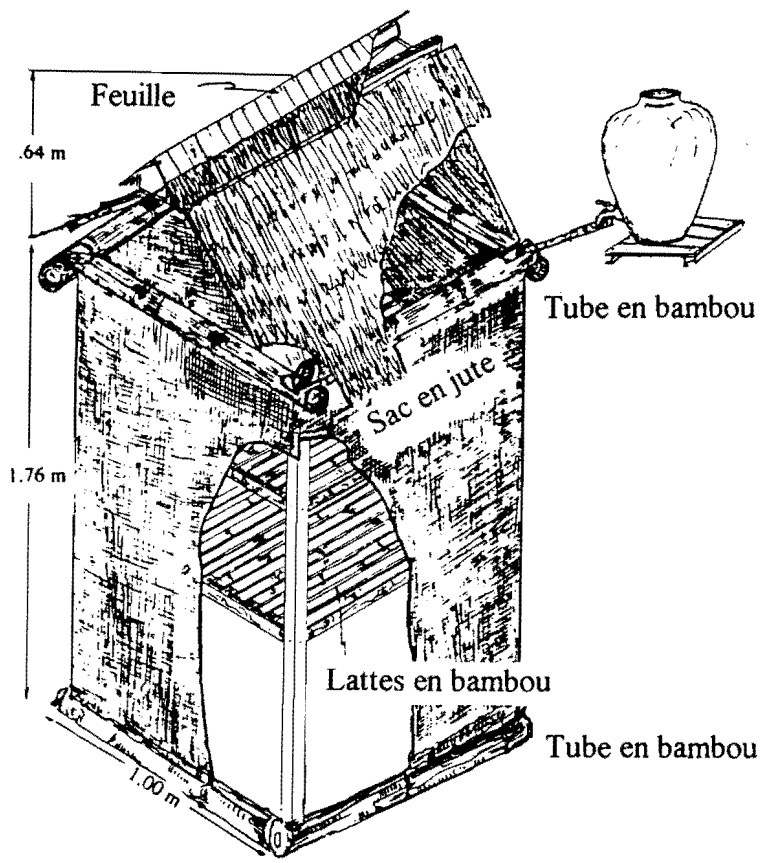


Source: Redulla, C.A. et al. 1984. Temperature and relative humidity in two types of evaporative coolers. (Température et humidité relative dans deux types de refroidisseur par évaporation) Postharvest Research Notes, 1(1): 25-28.

Refroidissement par évaporation

On peut construire des refroidisseurs par évaporation à partir de matériaux simples comme le jute ou le bambou. Le refroidisseur goutte à goutte montré ici fonctionne uniquement par le processus d'évaporation, sans emploi de ventilateur. On peut accroître le refroidissement en tenant l'appareil à l'ombre et dans un endroit bien ventilé.

Refroidisseur goutte à goutte :



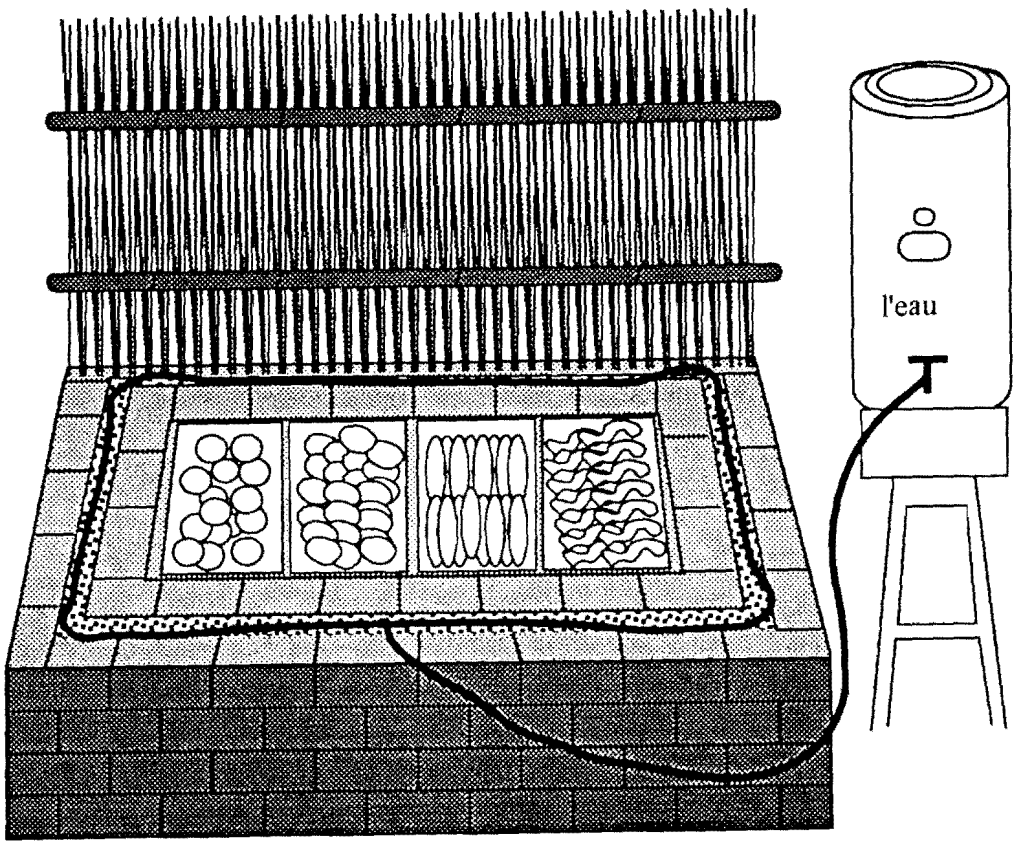
Source: Redulla, C.A. et al. 1984. Keeping perishables without refrigeration: use of a drip cooler. (Garder les denrées périssables sans réfrigération : emploi d'un refroidisseur goutte à goutte) Appropriate Postharvest Technology 1(2): 13-15.

Refroidissement par évaporation

La chambre de refroidissement peu coûteuse illustrée ci-dessous est faite de briques. La cavité entre les murs est remplie de sable, et les briques et le sable sont saturés d'eau. Les fruits et légumes sont placés à l'intérieur, et la chambre entière est recouverte d'une natte en joncs également tenue humide. Comme il faut une assez grande quantité de matériaux pour construire cette chambre froide, elle peut n'être utile que pour des produits de grande valeur.

Pendant les chauds mois d'été en Inde, on rapporte que cette chambre maintient une température intérieure entre 15° et 18°C et une humidité relative d'environ 95%.

Chambre froide améliorée qui ne demande aucune source d'énergie :

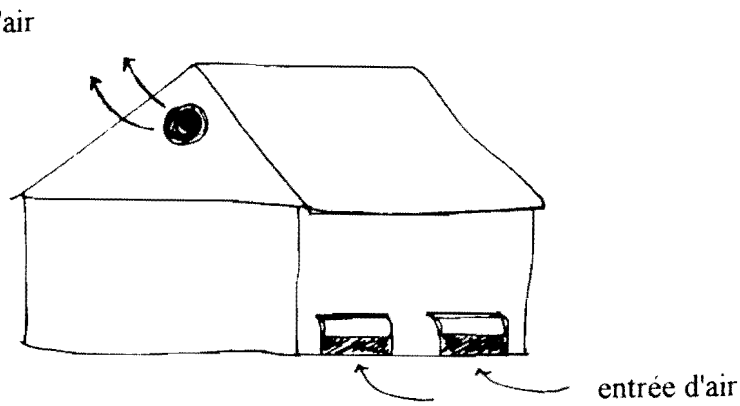


Source: Roy S.K. 1989. Postharvest technology of vegetable crops in India.(Technologie post-récolte des récoltes maraîchères en Inde) Indian Horticulture. Jan-June: 76-78.

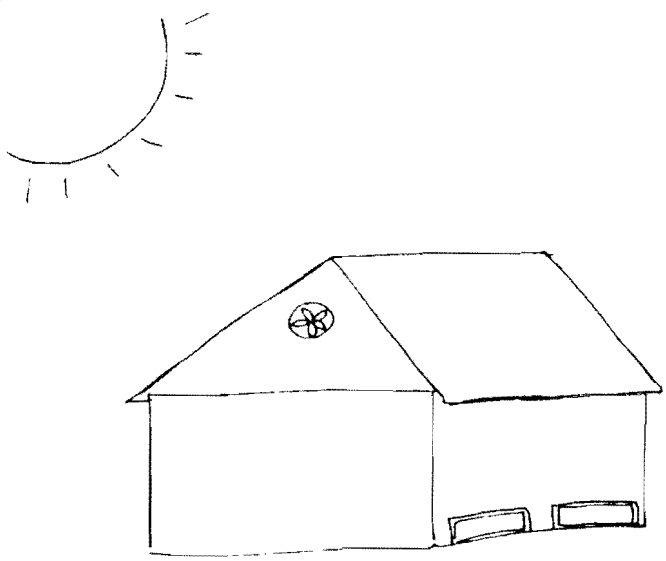
Ventilation par air nocturne

On peut refroidir les structures de stockage en employant l'air nocturne si la différence de température entre le jour et la nuit est assez grande (Thompson dans Kader, 1992). L'entrepôt doit être bien isolée et des trous de ventilation doivent être situés au niveau du sol. Les trous de ventilation peuvent être ouverts la nuit et on peut employer des ventilateurs pour faire circuler l'air frais à travers la pièce. La structure conservera ses températures fraîches pendant la journée si elle est bien isolée et que les trous de ventilation sont fermés le matin.

Trous de ventilation ouverts :



Trous de ventilation fermés :



Blessures dues au froid

Les fruits et légumes sont souvent susceptibles de blessures dues au froid quand on les refroidit en dessous de 13° à 16°C. Une blessure due au froid réduit la qualité du produit et diminue sa durée de conservation. Le tableau ci-dessous donne quelques exemples de symptômes de blessure due au froid pour une variété de produits. Souvent les symptômes n'apparaissent qu'après le retour du produit à des températures plus chaudes, quand on l'emmène au marché, par exemple.

Fruits et légumes susceptibles de blessure due au froid quand stockés à des températures modérément basses mais sans congélation :

Produit	Température sans danger la plus basse (°C)	Symptômes de blessure quand entreposés en dessous de température sans danger
Aubergines	7	brunissure, noircissure des graines, pourriture
Bananes	12-13	couleur terne quand mûres
Cantaloups	2-5	piqûre, pourriture en surface
Citrons	11-13	piqûre, taches sur membrane, taches rouges
Concombres	7	piqûre, taches d'eau, pourriture
Courges (dures)	10	pourriture, surtout alternarioses
Grenades	4,5	piqûre, brunissement externe et interne
Haricots verts	7	piqûre et roussissement

Blessures dues au froid (suite)

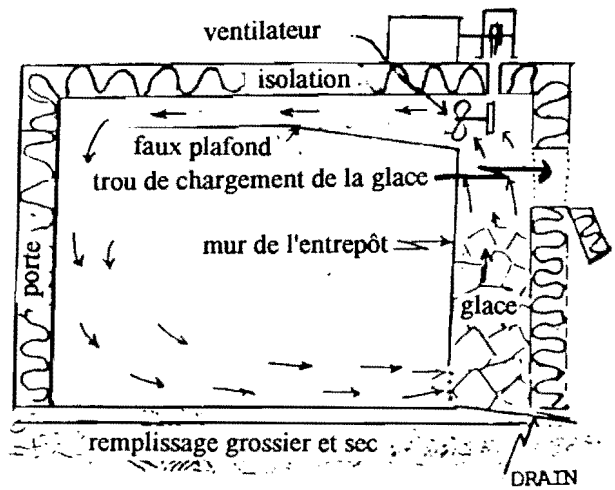
Produit	Température sans danger la plus basse (°C)	Symptômes de blessure quand entreposés en dessous de température sans danger
Limons	7-9	piqûre, jaunissement
Mangues	10-13	peau devient grise, mûrissement inégal
Pamplemousses	10	piqûre, brunissure, détérioration aqueuse
Pastèques	4-5	piqûre, goft désagréable
Poivrons	7	piqûre, noircissement des graines, pourriture
Tomates		
mûres	7-10	saturation en eau et amollissement, pourriture
vertes mûres	13	vilaine couleur de mûrissement, alternarioses

Source: Harderburg, R.E., A. E. Watada, and C-Y. Wang. 1986. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. (Le stockage commercial des fruits, légumes, fleurs et stocks de pépinières) USDA, Agricultural Handbook No. 66.

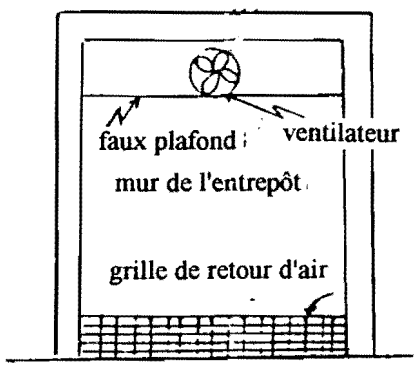
Emploi de la glace

On peut employer de la glace comme source de réfrigération pour un entrepôt (l'air circulant sur la glace et ensuite à travers les produits) ou comme glace de surface (posée directement sur le produit). La glace peut refroidir un produit seulement quand elle fond, une bonne ventilation est donc nécessaire pour un refroidissement efficace.

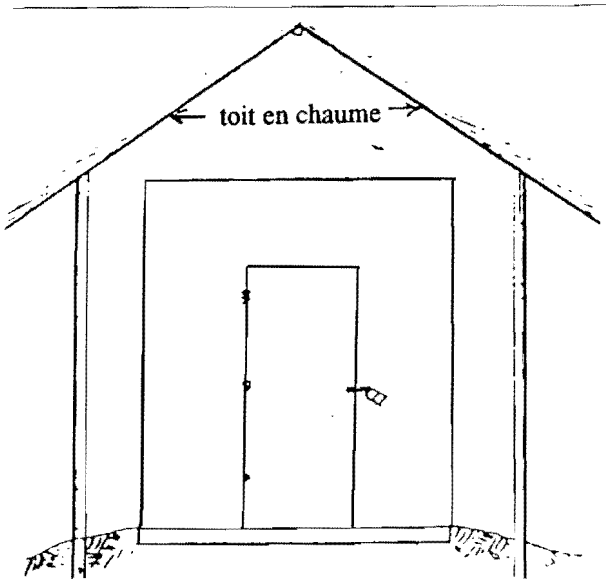
Détails d'un refroidisseur à glace :



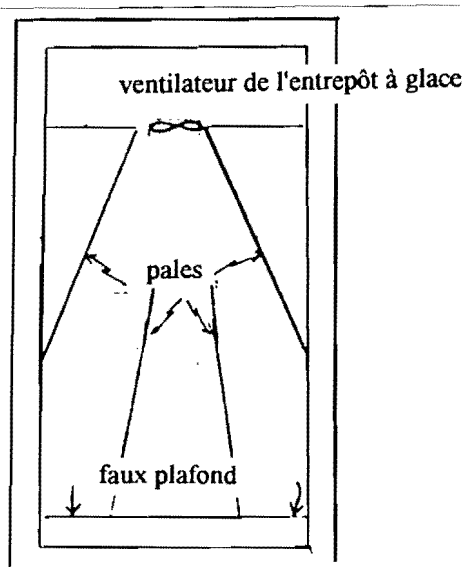
Coupe - le moteur à essence ou diesel DOIT être monté à l'extérieur



Arrière de la pièce - un moteur de ventilateur électrique est en général monté à l'intérieur de la chambre froide, la capacité du ventilateur doit être au moins égale au volume de la pièce vide (plus est mieux)



Élévation frontale



Vue du dessus - les pales au-dessus du faux plafond améliorent beaucoup la distribution de l'air et le refroidissement

Source: Grierson, W. 1987. Postharvest Handling Manual Commercialization of Alternative Handling Crops Project. The Belize Agribusiness Company./Chenomics International/USAID.

Méthodes alternatives de refroidissement

Refroidissement par radiation

On peut employer le refroidissement par radiation pour abaisser la température dans une structure de stockage si un collecteur solaire est connecté au système de ventilation du bâtiment. En employant le collecteur solaire pendant la nuit, la chaleur se perd dans

les cantaloups, les endives, la laitue, les épinards, les radis, les brocolis, les oignons verts) et pour des emballages résistant à l'eau (carton enduit de paraffine, plastique ou bois).

Glace d'emballage

La glace de surface est employée pour certains produits pendant le transport pour maintenir une haute humidité relative. La glace de surface ne peut être employée que pour des produits qui tolèrent l'eau et ne sont pas sensibles au froid (comme les carottes, le maïs, les cantaloups, les endives, la laitue, les épinards, les radis, les brocolis, les oignons verts) et pour des emballages résistant à l'eau (carton enduit de paraffine, plastique ou bois).

Il vaut mieux mettre la glace de surface en rangées plutôt qu'en une seule masse. Il est important de ne pas bloquer la circulation d'air dans le véhicule de transport.

Produits qui doivent être couverts de glace

betteraves
carottes
endives
épinards
navets
oignons verts
persil
radis

Produits qui peuvent être couverts de glace

artichauts
bettes
melons
poireaux

Sources: Thompson, J.F. 1992. Storage Systems, pp. 69 - 78. In: Kader, A.A. (ed). Postharvest Technology of Horticultural Crops. (Technologie post-récolte des cultures horticoles) Univ. of California, Div. of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311.

McGregor, B.M. 1989. Tropical Products Transport Handbook. (Manuel de transport des produits tropicaux) USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook Number 668.

Méthodes alternatives de refroidissement

Refroidissement par radiation

On peut employer le refroidissement par radiation pour abaisser la température dans une structure de stockage si un collecteur solaire est connecté au système de ventilation du bâtiment. En employant le collecteur solaire pendant la nuit, la chaleur se perd dans l'environnement. On peut abaisser les températures à l'intérieur de la structure de 4°C.

Emploi de l'eau de puits

L'eau de puits est souvent beaucoup plus froide que la température de l'air dans la plupart des régions du monde. La température de l'eau d'un puits profond a tendance à être pareille à la température moyenne de l'air de la localité. L'eau de puits peut être employée pour l'hydro-refroidissement et en vaporisation pour maintenir une haute humidité relative dans l'environnement de stockage.

Stockage à haute altitude

En règle générale, les températures de l'air diminuent de 10°C quand l'altitude augmente d'un kilomètre. Si les manutentionnaires ont l'option de conditionner et/ou de stocker les produits à une altitude plus haute, les coûts peuvent être diminués. Les installations de refroidissement et de stockage à haute altitude demandent moins d'énergie que celles au niveau de la mer pour obtenir des résultats identiques.

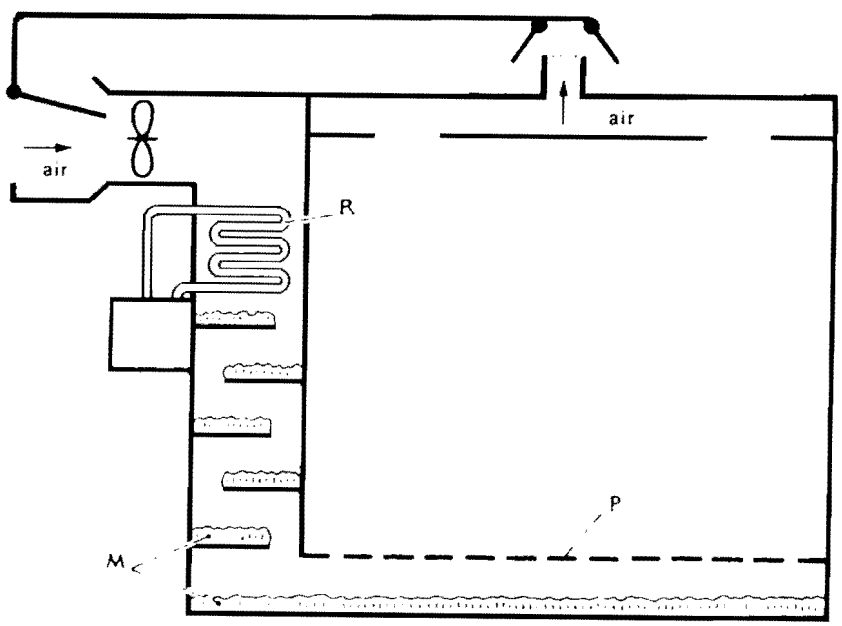
Source: Thompson, J.F. 1992. Storage Systems, pp. 69 - 78. In: Kader, A.A. (ed). Postharvest Technology of Horticultural Crops. (Technologie post-récolte des cultures horticoles) University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311.

Augmentation de l'humidité relative

L'air réfrigéré a tendance à avoir une humidité relative plus basse que l'humidité relative idéale pour le stockage de la plupart de produits horticoles. La méthode la plus simple pour augmenter l'humidité relative de l'air de stockage est de mouiller le sol de la pièce ou de vaporiser de l'eau froide sur les récipients de stockage et de laisser l'eau s'évaporer.

Pour un système plus durable de haute humidité relative dans l'environnement de stockage, on peut augmenter l'humidité de l'air réfrigéré. Un ventilateur fait circuler l'air sur les serpentins d'évaporation du réfrigérateur (R) puis sur de la mousse ou de la paille humide (M). On fait ensuite circuler l'air humide dans l'entrepôt par un mur perforé (P).

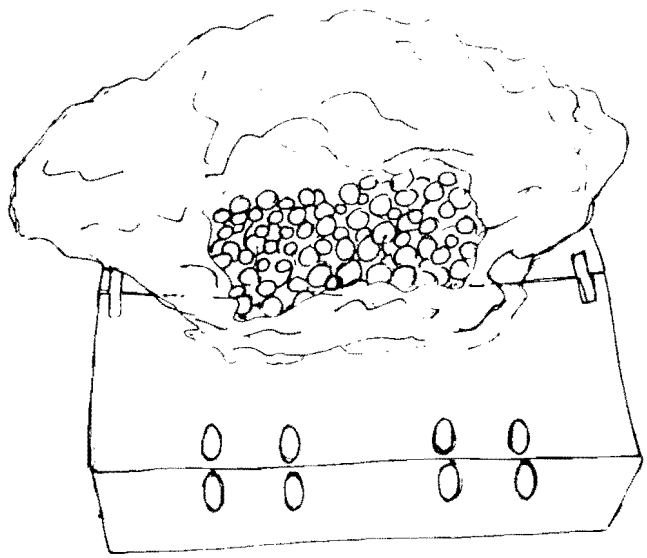
Mousse humide comme source d'humidité à l'intérieur d'un entrepôt réfrigéré :



Source: Lopez, E.G. 1983. Conservacion de la Produccion Agricola. (Conservation de la production agricole) Barcelona: Editorial Aedos. 188 pp.

Augmentation de l'humidité relative

Employer une doublure en polyéthylène dans une boîte en carton peut protéger les produits fermiers et réduire la perte en eau des produits comme les cerises, les nectarines, les kiwis, les bananes et les fines herbes. La vapeur d'eau générée par le produit est retenue par la doublure, augmentant l'humidité relative autour du produit. La doublure peut aussi diminuer les dégâts dus à l'abrasion qui se produisent quand les fruits frottent contre l'intérieur de la boîte.



Section 7: Stockage des produits horticoles

Sil faut entreposer les produits fermiers, il est important de commencer avec des produits de première qualité. Le lot de fruits ou de légumes ne peut pas contenir d'unités endommagées ou malades et les récipients doivent être bien ventilés et assez solides pour pouvoir être empilés. En général, de bonnes méthodes de stockage comprennent le contrôle de la température, le contrôle de l'humidité relative, la circulation de l'air et le maintien d'un espace suffisant entre les récipients pour une bonne ventilation, il faut aussi éviter de mettre ensemble des produits incompatibles.

Les produits stockés ensemble doivent pouvoir tolérer la même température, la même humidité relative et un même niveau d'éthylène dans l'environnement de stockage. Les produits qui génèrent beaucoup d'éthylène (comme les bananes mûres, les pommes, les cantaloups) peuvent stimuler des changements physiologiques dans les produits qui sont sensibles à l'éthylène (comme les laitues, les concombres, les carottes, les pommes de terre, les patates douces) et provoquer des changements indésirables de couleur, de goût et de texture.

On peut améliorer la gestion de température pendant le stockage en construisant des bâtiments carrés plutôt que rectangulaires. Les bâtiments rectangulaires ont plus de surface murale par m^2 d'espace de stockage, ce qui augmente la conduction de chaleur sur les murs et rend ces bâtiments plus chers à refroidir. On peut aussi améliorer la gestion de la température en donnant de l'ombre aux bâtiments, en les peignant en blanc ou argent pour refléter les rayons du soleil, ou en employant un système d'arroseurs sur le toit d'un bâtiment pour refroidir par évaporation. L'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture des Nations-Unies (F.A.O.) recommande l'emploi de béton armé pour la construction de structures de stockage dans les régions tropicales, avec des murs épais pour une bonne isolation. Les installations situées à de hautes altitudes peuvent être efficaces, puisque la température de l'air diminue quand l'altitude augmente. Une altitude plus haute peut donc

améliorer l'efficacité du refroidissement par évaporation, du refroidissement par air nocturne et du refroidissement par radiation. Le stockage souterrain des agrumes est courant dans le sud de la Chine, tandis que dans le nord-ouest de la Chine, on stocke les pommes dans des cavernes (Liu, 1988). Ce système était largement utilisé aux États-Unis au début du siècle.

Certains produits, comme les oignons et l'ail, se conservent mieux dans des environnements de basse humidité relative. Faire sécher ces produits à l'air et permettre aux tissus extérieurs de sécher avant la manutention et le stockage, améliore leur protection contre la perte en eau.

La composition de l'air dans l'environnement de stockage peut être changée par l'augmentation ou la diminution du taux de ventilation (introduction d'air frais) ou par l'emploi d'un absorbeur de gaz comme le permanganate de potassium ou de charbon de bois actif. Le stockage contrôlé ou sous atmosphère modifiée pour de grandes exploitations demande une technologie et des connaissances de gestion complexes, mais il existe cependant des méthodes simples pour de petits volumes de produits.

Température et relative humidité recommandées et durées approximatives de transit et de conservation pour les fruits et légumes (voir Hardenburg et al, 1986 pour de plus amples informations sur des produits individuels).

Températures et humidité relative recommandées pour certains produits horticoles :

Produit	Température (°C)	HR (%)	Durée approximative de conservation
abricots	0	90-95	1 - 3 semaines
ail	0	65-70	6 - 7 mois
ananas	7-13	85-90	2 - 4 semaines
artichauts (entier)	0	95-100	2 - 3 semaines
asperges	0-2	95-100	2 - 3 semaines
aubergines	12	90-95	1 semaine
avocats	4.5-13	85-90	2 - 8 semaines
bananes (vertes)	13-14	90-95	1 - 4 semaines
blettes	0	95-100	10-14 jours
boniato (patate douce)	13-14	85-90	4 - 5 mois
broccoli	0	95-100	10-14 jours
cantaloup (3/4 charge)	2-5	95	15 jours
cantaloup (charge entière)	0-2	95	5 - 14 jours
carambola	9-10	85-90	3 - 4 semaines
carottes (avec verdures)	0	95-100	2 semaines
carottes, à maturité	0	98-100	7 - 9 mois
carottes, avant maturité	0	98-100	4 - 6 semaines

Température et relative humidité recommandées et durées approximatives de transit et de conservations pour les fruits et légumes - suite (voir Hardenburg et al, 1986 pour de plus amples informations sur des produits individuels).

Produit	Température (°C)	HR (%)	Durée approximative de conservation
céleri	0	98-100	2 - 3 mois
céleri-rave	0	97-99	6 - 8 mois
cerises, aigres	0	90-95	3 - 7 jours
cerises, douces	-1	90-95	2 - 3 semaines
champignons	0	95	3 - 4 jours
chou (précoce)	0	98-100	3 - 6 semaines
chou (tardif)	0	98-100	5 - 6 semaines
chou-fleur	0	95-98	3 - 4 semaines
citrons	10-13	85-90	1 - 6 mois
citrouilles	10-13	50-70	2 - 3 mois
clémentines	4	90-95	2 - 4 semaines
concombres	10-13	95	10-14 jours
dasheen/taro	7-10	85-90	4 - 5 mois
dattes	0	75	6 - 12 mois
endives	2-3	95-98	2 - 4 semaines
épinards	0	95-100	10-14 jours
figues, fraîches	0	85-90	7 - 10 jours
fraises	0	90-95	5 - 7 jours
gesses tubéreuses	10	90	4 semaines

Température et relative humidité recommandées et durées approximatives de transit et de conservation pour les fruits et légumes - suite (voir Hardenburg et al, 1986 pour de plus amples informations sur des produits individuels).

Produit	Température (°C)	HR (%)	Durée approximative de conservation
gingembre	13	65	6 mois
grenades	5	90-95	2 - 3 mois
haricots verts	4-7	95	7 - 10 jours
ignames	16	70-80	6 - 7 mois
jicama	13-16	65-70	1 -2 mois
laitue	0	95-100	2 - 3 semaines
légumes verts, feuilles	0	95-100	10 - 14 jours
limons	9-10	85-90	6 - 8 semaines
lichees	1.5	90-95	3 - 5 semaines
maïs sucré	0	95-98	5 - 8 jours
mandarines	4	90-95	2 - 4 semaines
mangues	13	85-90	2 - 3 semaines
manioc	0-5	85-90	1 - 2 mois
melons	7	90-95	2 - 3 semaines
(Casaba, Crenshaw, Honeydew, Persian)			
navets	0	95	4 - 5 mois
nectarines	0	90-95	2 - 4 semaines
noix de coco	0-1.5	80-85	1 - 2 mois
olives, fraîches	5-10	85-90	4 - 6 semaines
oignons, secs	0	65-70	1 - 8 mois
oignons, verts	0	95-100	3 - 4 semaines
oranges sanguines	4-7	90-95	3 - 8 semaines
oranges, (CA, AZ)	3-9	85-90	3 - 8 semaines

Température et relative humidité recommandées et durées approximatives de transit et de conservation pour les fruits et légumes - suite (voir Hardenburg et al, 1986 pour de plus amples informations sur des produits individuels).

Produit	Température (°C)	HR (%)	Durée approximative de conservation
oranges, (TX, FL)	0	85-90	8 - 12 semaines
oranges, Jaffa	8-10	85-90	8 - 12 semaines
pamplemousse	15	85-90	6 - 8 semaines
papaya	7	85-90	1 - 3 semaines
pastèques	10-15	90	2 - 3 semaines
pâtissons	5-10	95	1 - 2 semaines
patates douces	13-15	85-90	4 - 7 mois
persil	0	95-100	2 mois
pêches	0	90-95	2 - 4 semaines
pepino (concombre)	4	85-90	1 mois
piments, secs	10	60-70	6 mois
poireaux	0	95-100	2 - 3 mois
poires	-1.5 - 0.5	90-95	2 - 7 mois
poivrons	7-13	90-95	2 - 3 semaines
pommes	-1 - 4	90-95	1 - 12 mois
pommes de terres, nouvelles	15	90-95	10 - 14 jours
pommes de terre, tardives	13	90-95	5 - 10 mois
potirons	10	50-70	2 - 3 mois
prunes/pruneaux	0	90-95	2 - 5 semaines
radis/daikon	0	95-100	1 - 4 mois
raifort	-1 - 0	98-100	10-12 mois
raisins, vinifères	-1	90-95	1 - 6 mois
rhubarbe	0	95-100	2 -4 semaines
tomates, mûres-vertes	8-22	90-95	1 - 3 semaines
tomates, fermes-mûres	3-15	90-95	4 -7 jours

Source: McGregor, B.M. 1989. Tropical Products Transport Handbook. (Manuel de transport des produits tropicaux) USDA Office of Transportation, Agricultural Handbook 668

Groupes de compatibilité pour le stockage des fruits et légumes.

Groupe 1 : Basse température (de 0 à 2°C), haute HR (90-95%), peuvent produire de l'éthylène

abricots
cerises
champignons
figues (pas avec des pommes)
fraise
framboise
grenades
kakis
litchees
navets
nectarines
noix de coco
oranges (Florida, Texas)
pêches
pommes
poireaux
poires
prunes
radis
raifort
raisins (sans dioxyde de soufre)

Groupe 2 : Basse température (de 0 à 2°C), haute HR (90-95%), peuvent être sensibles à l'éthylène

artichaux
asperges
bok choy
broccoli
carrottes
champignons
céleri
céleri-rave
chou-fleur
endives/escaroles
épinards
kiwis
laitues
légumes-feuilles
maïs sucré
navets (sans feuilles)
persil
petits pois
poireaux (pas avec figues ou raisins)
oignons verts (pas avec figues, raisins, champignons, rhubarbe ou maïs)
radis
rhubarbe

Groupe 3 : Basse température (de 0 B 2°C), HR plus basse (65-70%), l'humidité abïme ces produits

ail
oignons secs

Groupes de compatibilité pour le stockage des fruits et légumes - (suite).

Groupe 4 : 5°C, 90-95% HR

cantaloup
citrons
clémentines
lichees
mandarines
manioc
oranges (California, Arizona)
pepino
tangelos

Groupe 5 : 10°C, 85-90%, sensibles au froid,
peuvent être sensibles à l'éthylène.

aubergines
concombres
courges d'eté
gombo
haricots
haricots verts
kiwano
malanga
olives
paprika
piments
poivrons
pommes de terre pour stockage
taro/dasheen

Groupe 6 : 13-15°C, 85-90% HR, sensibles au froid,
peuvent produire de l'éthylène.

ananas
avocats
bananes
boniato
carambola
courges d'iver
feijoa
gingembre
limons
mangosteen
mangues
melons
pamplemousse
papaya
plantains
pommes de terre, nouveaux
tomates mûrs

Groupes de compatibilité pour le stockage des fruits et légumes - (suite).

Groupe 7 : 18-21°C, 85-90% HR, sensibles au froid, produisent de l'éthylène.

tomates, mûres-vertes
poires (à mûrir)

Groupe 8 : 18-21°C, 85-90% HR, sensibles au froid, sensibles à l'éthylène.

ignames
jicama
pastèques
patates douces

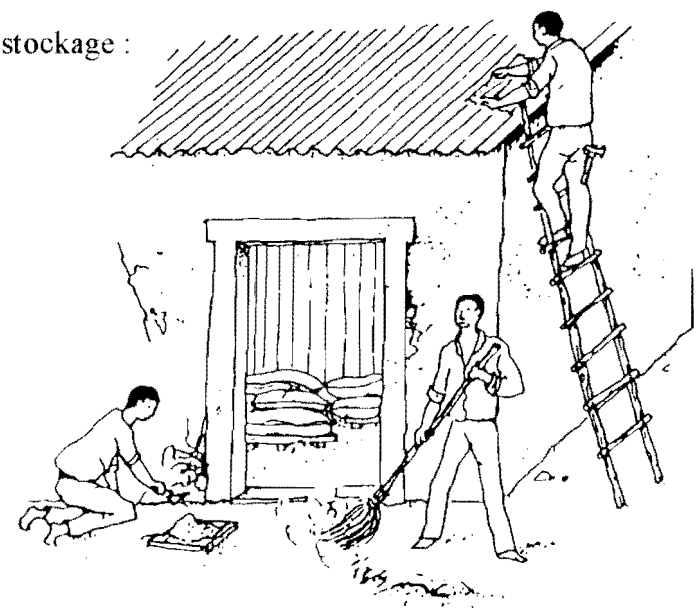
Source: McGregor, B.M. 1989. Tropical Products Transport Handbook. (Manuel de transport des produits tropicaux) USDA Office of Transportation, Agricultural Handbook 668.

Méthodes de stockage

L'inspection régulière des produits stockés et le nettoyage périodique des structures permettra une réduction des pertes en minimisant les parasites et en décourageant la propagation des maladies.

Inspectez les produits et nettoyez la structure de stockage :

Nettoyez et entretenez la structure de stockage :

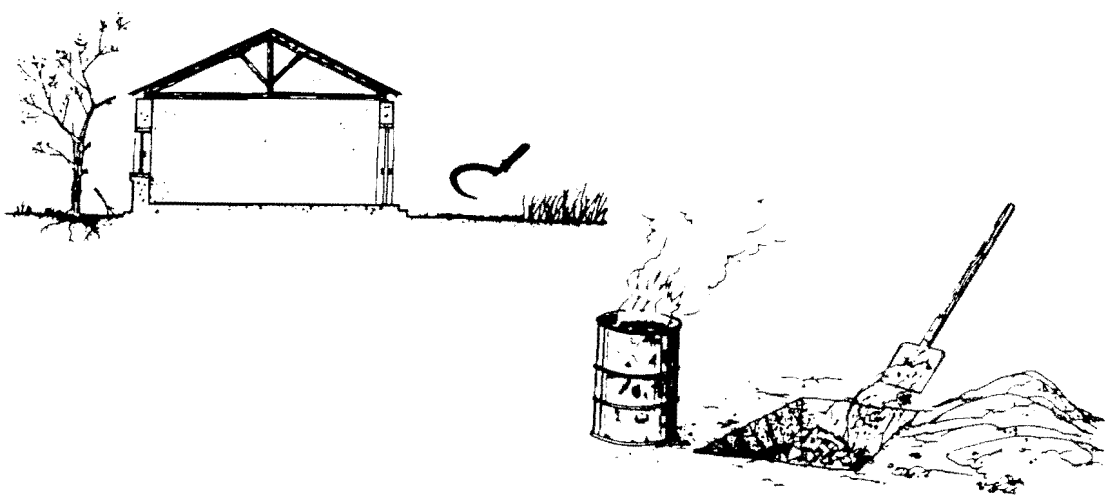


Source: F.A.O. 1985. Prévention of Post-Harvest Food Losses: A Training Manual (Prévention des pertes post-récoltes d'aliments : un manuel de formation) Rome: UNFAO. 120pp.

Méthodes de stockage

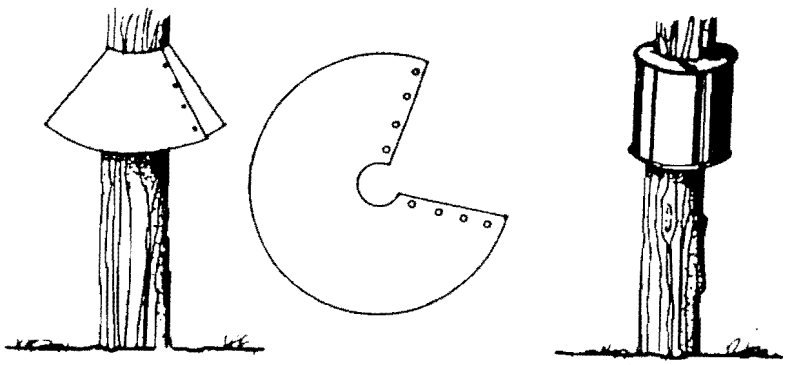
Les installations de stockage doivent être protégées des rongeurs, il faut pour cela que les abords soient propres, et qu'il n'y ait ni ordures ni mauvaises herbes. Des protections contre les rats peuvent être fabriquées à partir de matériaux simples, comme de vielles boîtes en fer ou des morceaux de feuille de métal mis en forme et placés sur les pieds des structures de stockage. Si vous voulez, vous pouvez employer des techniques plus élaborées. Des sols en béton empêchent l'entrée des rongeurs, ainsi que des écrans sur les fenêtres, les trous de ventilation et les tuyaux d'évacuation.

Enlevez les ordures et les mauvaises herbes :

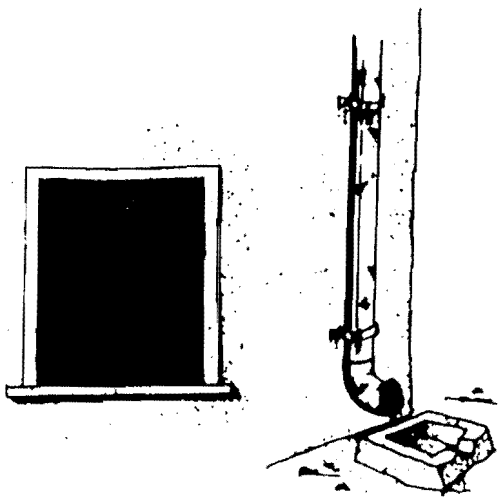


Methodes de stockage (suite)

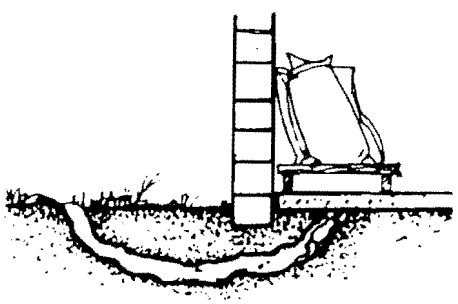
Protections contre les rats :



Écrans :



Sols en ciment :

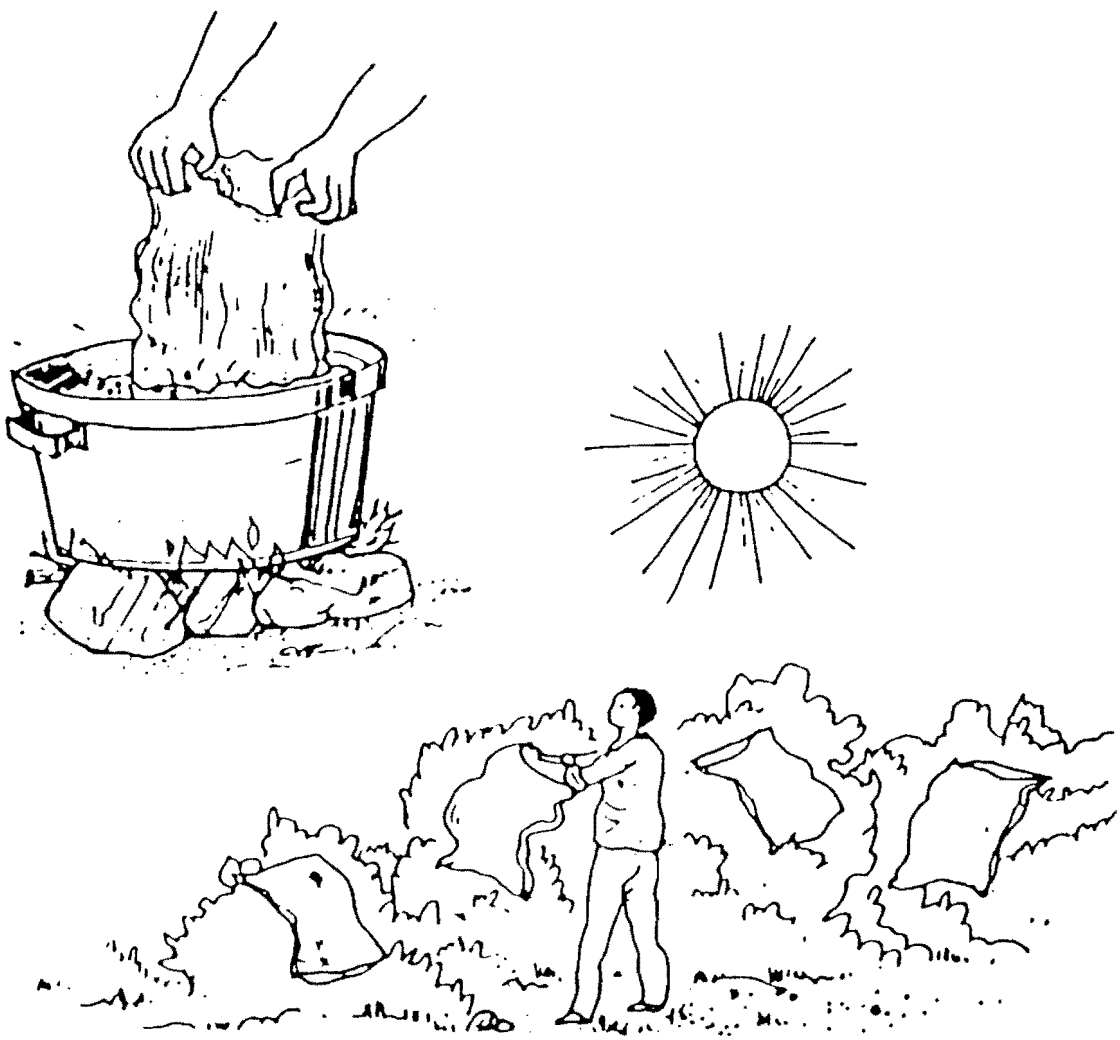


Source: F.A.O. 1985. Prévention of Post-Harvest Food Losses: A Training Manual. (Prévention des pertes post-récoltes d'aliments : un manuel de formation) Rome: UNFAO. 120 pp.

Méthodes de stockage

Lors de l'inspection des produits entreposés, il faut enlever tous les produits pourris ou infectés. Dans certains cas, les produits peuvent être encore propres à la consommation si on les emploie directement, peut-être comme nourriture pour animaux. Les récipients réutilisables et les sacs doivent être désinfectés dans de l'eau chlorée ou de l'eau bouillante avant d'être réutiliser.

Désinfectez les sacs déjà employés :

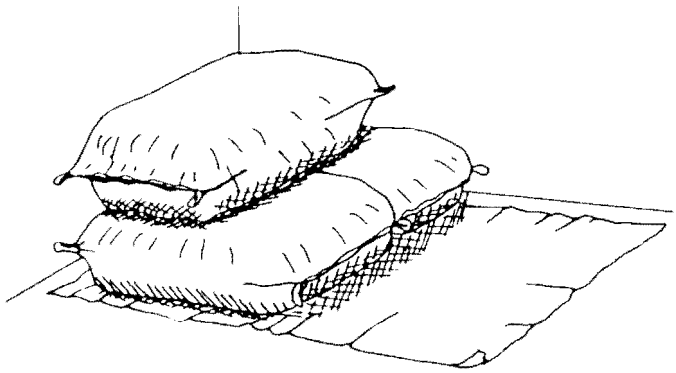


Source: F.A.O. 1985. Prevention of Post-Harvest Food Losses: A Training Manual. (Prévention des pertes post-récoltes d'aliments : un manuel de formation) Rome: UNFAO. 120pp.

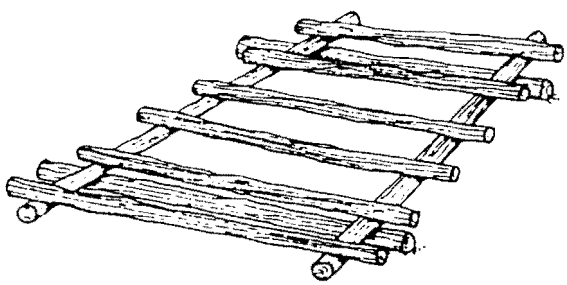
Méthodes de stockage

Le placement de matériaux sous les sacs ou les cartons de produits fermiers empêchent l'humidité d'arriver aux produits qui demandent des conditions sèches de stockage. Ceci diminue les risques d'infection fongique, tout en améliorant la ventilation et/ou les conditions sanitaires de l'entrepôt. Vous trouverez quelques exemples de matières utiles ci-dessous.

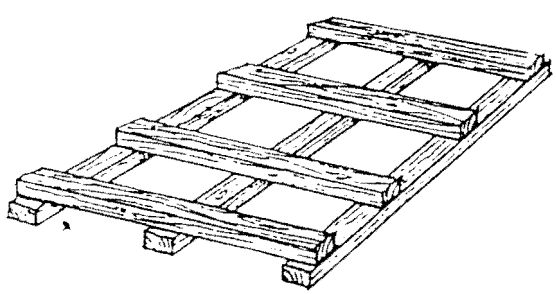
Feuilles imperméables :



Perches :



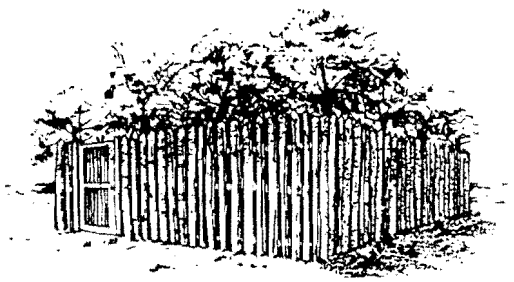
Palettes en bois :



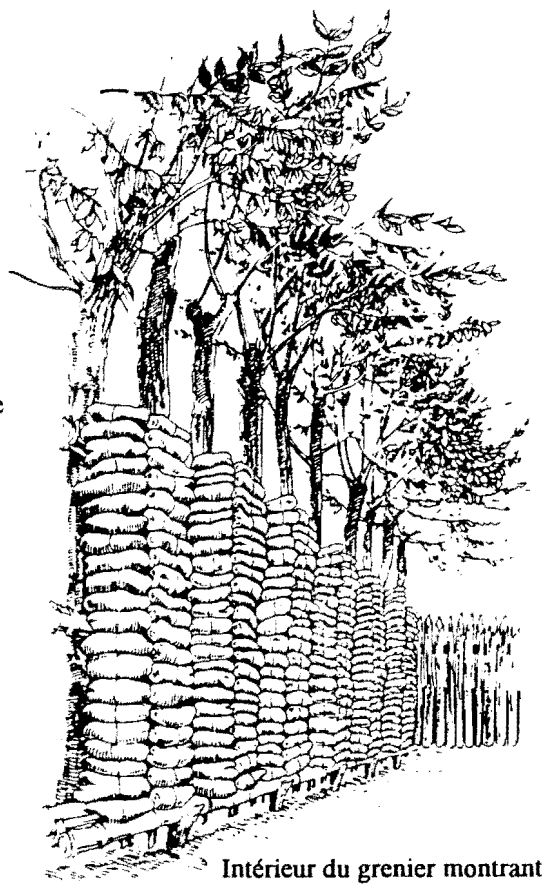
Source: F.A.O. 1985. Prevention of Post-Harvest Food Losses: A Training Manual. (Prévention des pertes post-récoltes d'aliments : un manuel de formation) Rome: UNFAO. 120 pp

Structures de stockage

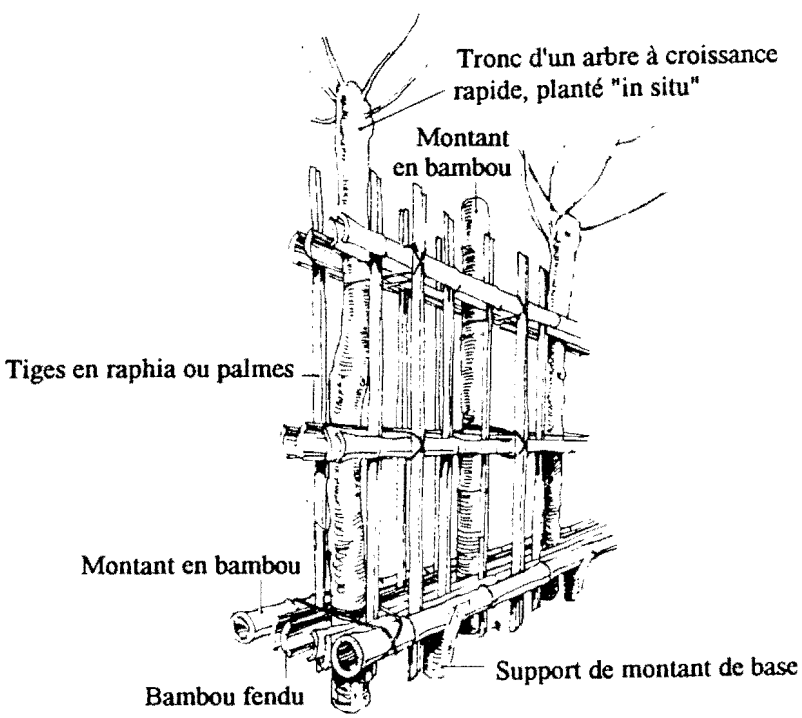
Un grenier à ignames est une structure traditionnelle dans l'Afrique de l'ouest pour stocker les ignames après maturation. Des arbres vivants à croissance rapide sont employés pour créer une structure rectangulaire, former le cadre du grenier et donner de l'ombre.



Vue extérieure du grenier avec son ombre "vivante"



Intérieur du grenier montrant le ficelage des ignames

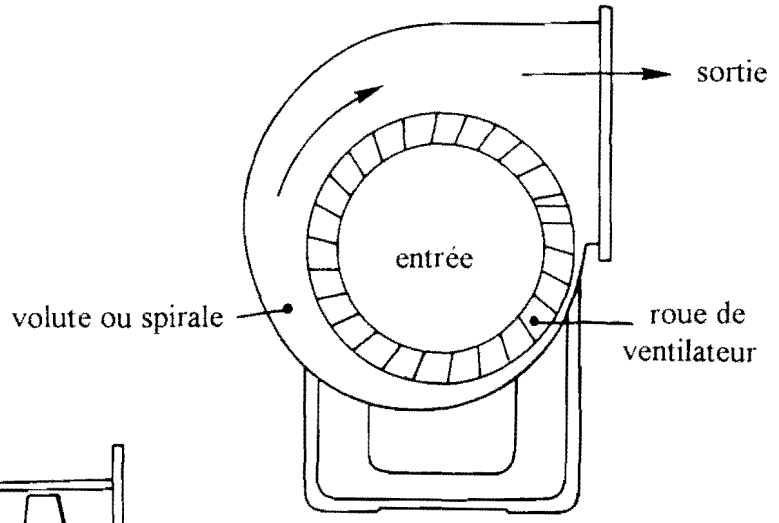


Source: Wilson, J. No date. Careful Storage of Yams: Some Basic Principles to Reduce Losses. (Stockage soigneux des ignames : Quelques principes de base pour réduire les pertes) London, England: Commonwealth Secretariat/International Institute of Tropical Agriculture

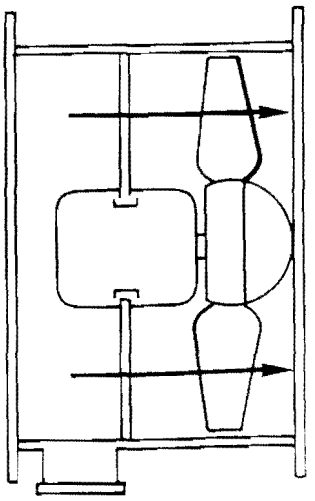
Structures de stockage

Les installations de stockage demandent une bonne ventilation pour l'augmentation de la durée de conservation et le maintien de la qualité des produits. Ci-dessous se trouvent trois types courants de ventilateurs.

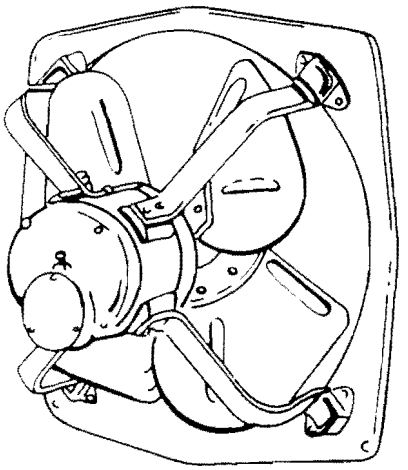
Centrifuge :



Courant d'air axial :



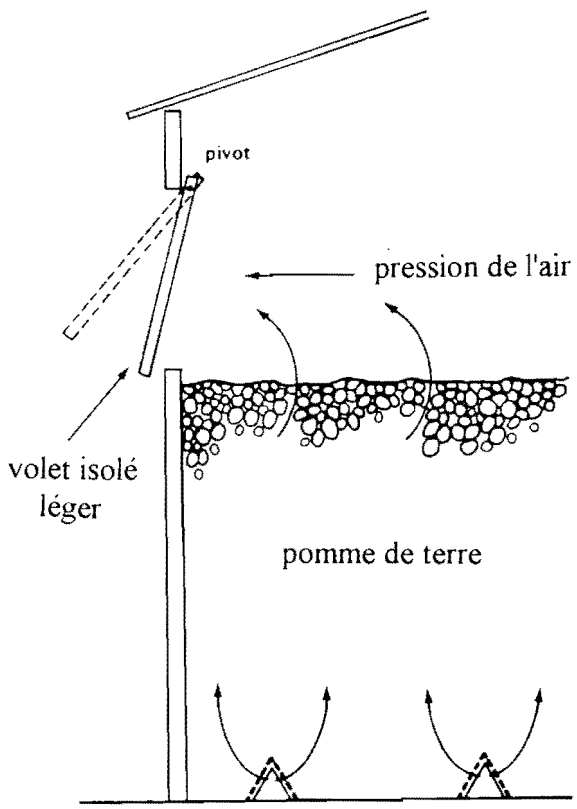
Propulseur/extracteur :



Source: Potato Marketing Board. No date.(sans date) Control of Environment, Part 2. (Contrôle de l'environnement, Partie 2) London: Sutton Bridge Experiment Station, Report No 6

Structures de stockage

On peut améliorer la ventilation dans les structures de stockage en plaçant des arrivées d'air à la base du grenier, et en aménageant des sorties d'air sur le sommet. Un évent d'échappement simple, qui ne laisse pas entrer la lumière, est le volet de surpression.



Source: Potato Marketing Board. No date. (Sans date) Control of Environment, Part 2. (Contrôle de l'environnement, Partie 2) London: Sutton Bridge Experiment Station, Report No. 6

Structures de stockage

N'importe quel type de bâtiment ou d'installation de stockage employé pour le stockage de produits horticoles doit être isolé pour être d'une efficacité maximale. Un bâtiment de réfrigération bien isolé demandera moins d'électricité pour tenir les produits au froid. Si la structure doit être refroidie par évaporation ou par ventilation d'air nocturne, un bâtiment bien isolé gardera l'air froid plus longtemps.

Les valeurs R d'isolation sont données ci-dessous pour des matériaux courants. R se réfère à la résistance, et à une valeur R plus haute correspond une résistance plus haute du matériau à la conduction de chaleur, et donc une meilleure propriété isolante du matériau.

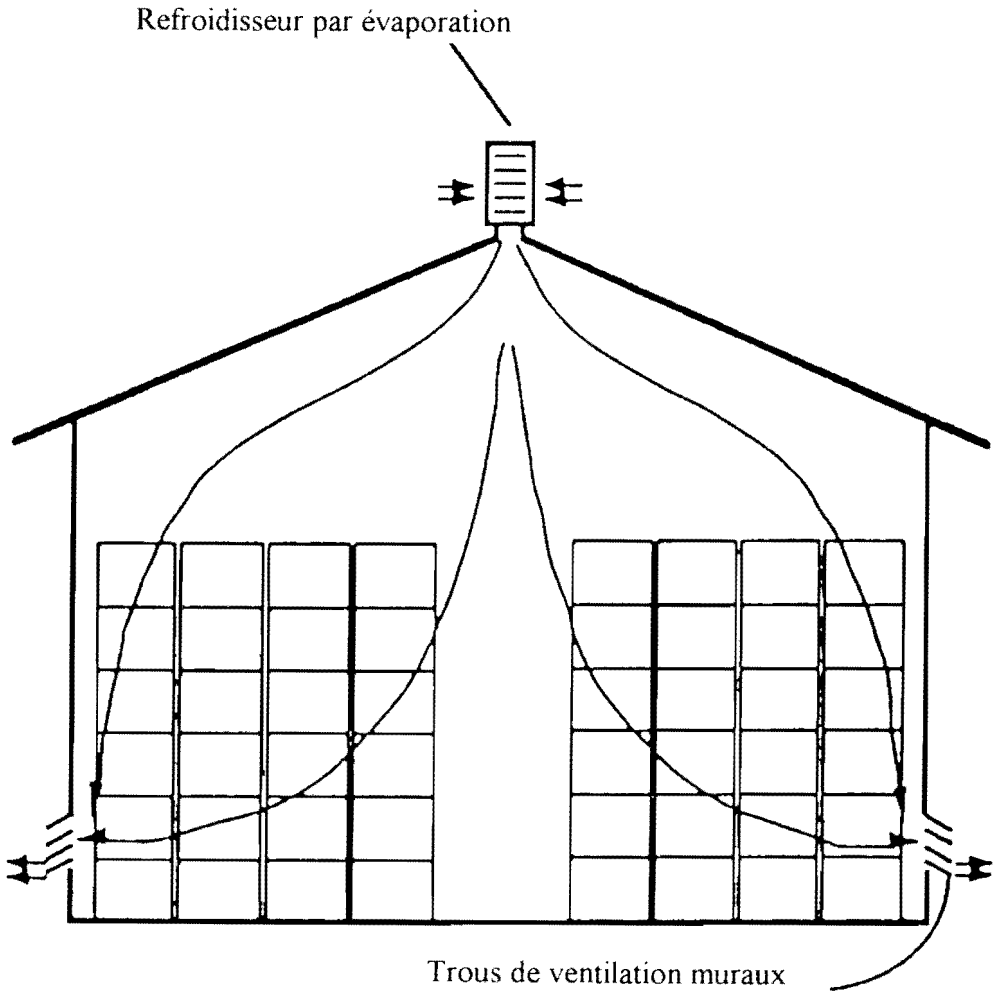
Matériaux Isolants

Matériaux (épaisseur 2,5 cm)	Valeur d'isolation R
laine de verre, laine minérale ou couverture en fibre de verre	3,5
cellulose	3,5
vermiculite	2,2
sciure de bois	2,2
polystyrène extrudé	5,0
fibre de verre rigide	4,0
bois ou fibres agglomérées de canne	2,5
béton	0,08
bois (sapin ou pin)	1,3
panneau métallique (pleine épaisseur)	0,01
contre-plaqué	1,3

Source: Boyette, M.D. et al. No date.(sans date) Design of Room Cooling Facilities: Structural and Energy Requirements. (Conception d'installation de refroidissement : Demandes structurelles et énergétiques) North Carolina Agricultural Extension Service.

Structures de stockage

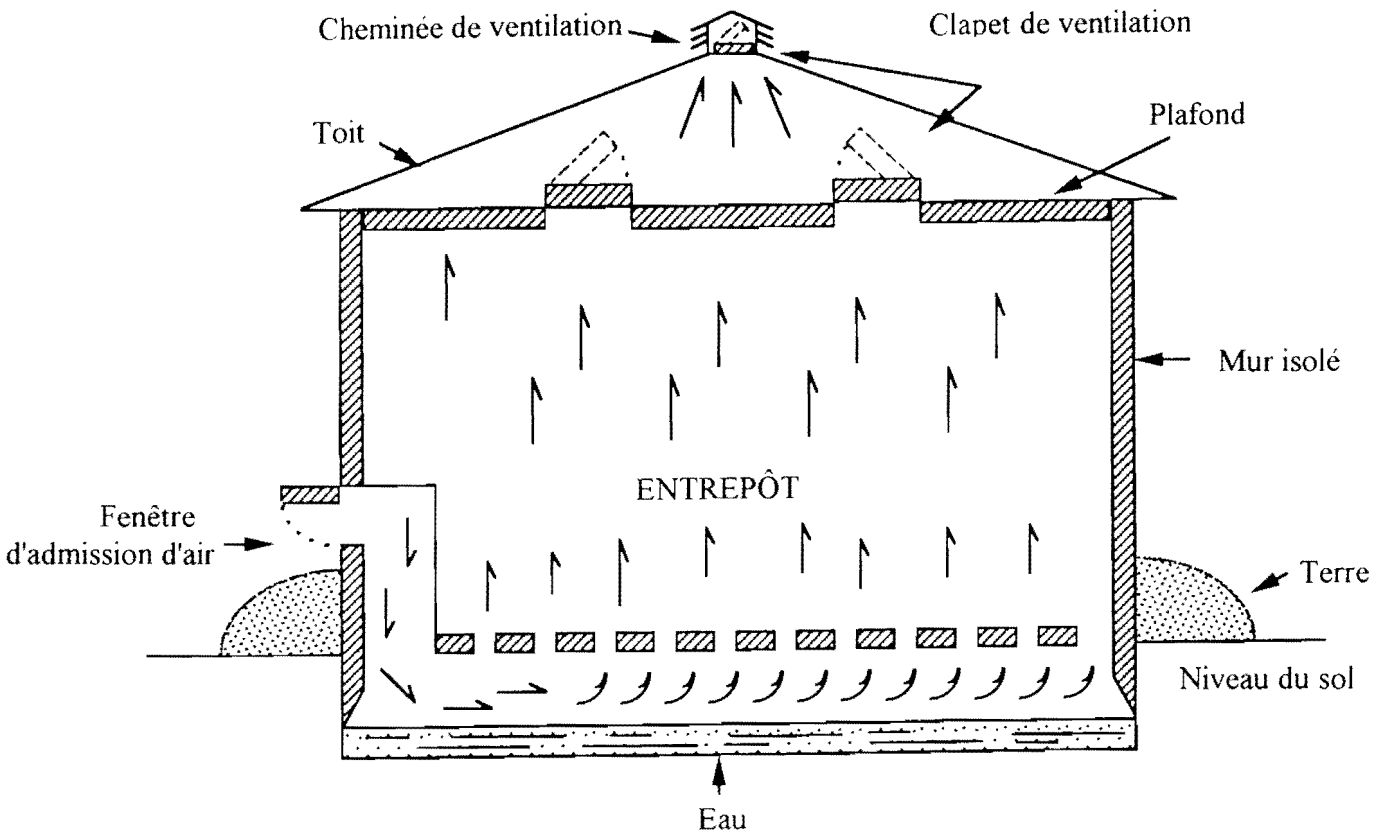
Un refroidisseur par évaporation situé sur le sommet de la structure de stockage peut refroidir toute une pièce de produit stocké tel que des patates douces ou d'autres produits sensibles au froid. Les trous de ventilation pour l'air extérieur doivent être situés à la base du bâtiment pour que l'air froid circule à travers toute la pièce avant de pouvoir sortir.



Source: Thompson, J.F. and Scheuerman, R.W. 1993. Curing and Storing California Sweetpotatoes. (Maturation et stockage des patates douces de Californie) Merced County Cooperative Extension, Merced, California 95340

Structures de stockage

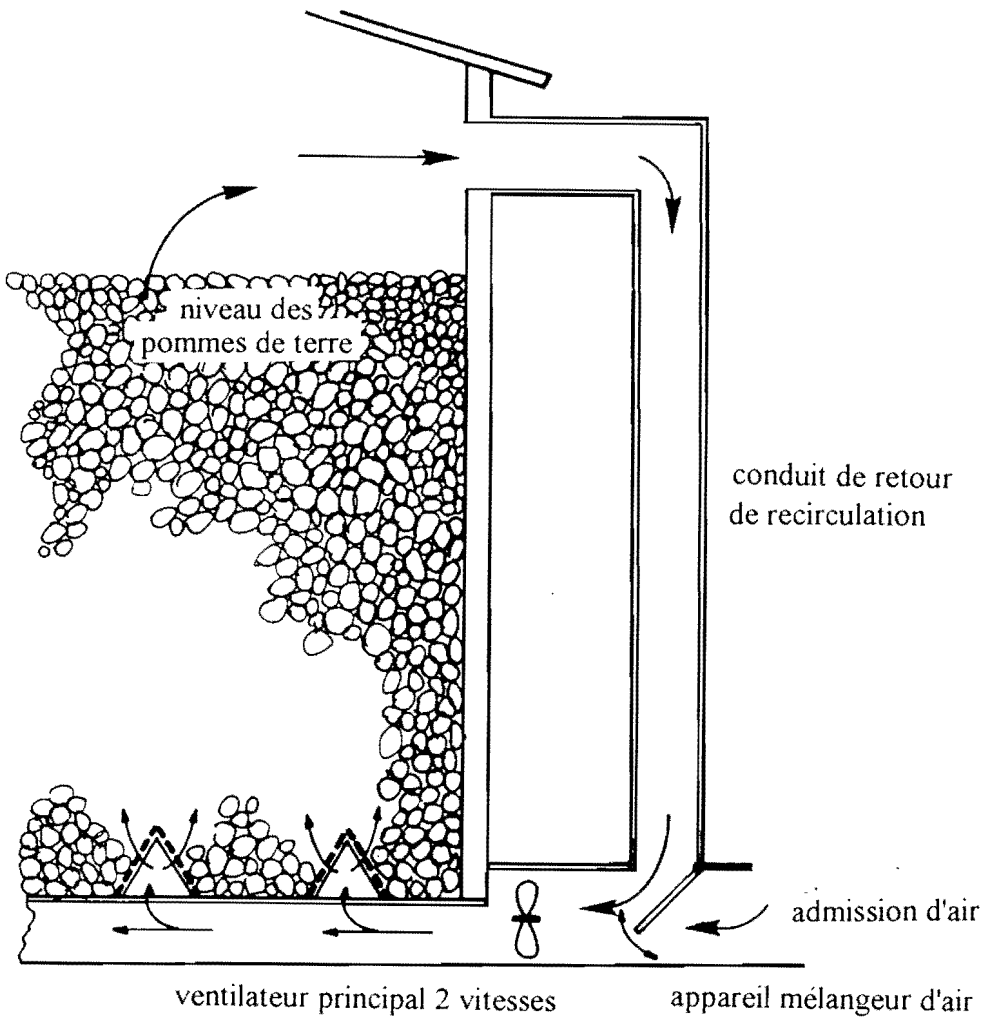
Ci-dessous se trouve l'illustration de la coupe transversale d'un entrepôt pour fruits. Ce système a été approuvé officiellement comme modèle standard pour les entrepôts fermiers par le Ministère de la Construction (Corée) en 1983. Notez que les entrées d'air sont à la base du bâtiment et que le plancher est perforé, permettant la libre circulation de l'air. Le bâtiment entier est en dessous du niveau du sol et profite des propriétés de refroidissement de la terre.



Source: Seung Koo Lee, 1994. Assoc. Prof., Postharvest Technology Lab., Department of Horticulture, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea. (Laboratoire de technologie post-récolte, Département d'horticulture, Université nationale de Séoul)

Structures de stockage

Pour les installations de stockage qui sont réfrigérées, l'emploi de l'air extérieur est un gaspillage d'énergie. Pour ces systèmes, un simple système de recirculation peut être créé, en ajoutant un ventilateur en dessous du niveau du plancher et en laissant un espace libre à une extrémité de l'entrepôt pour que l'air froid retourne aux entrées d'air.

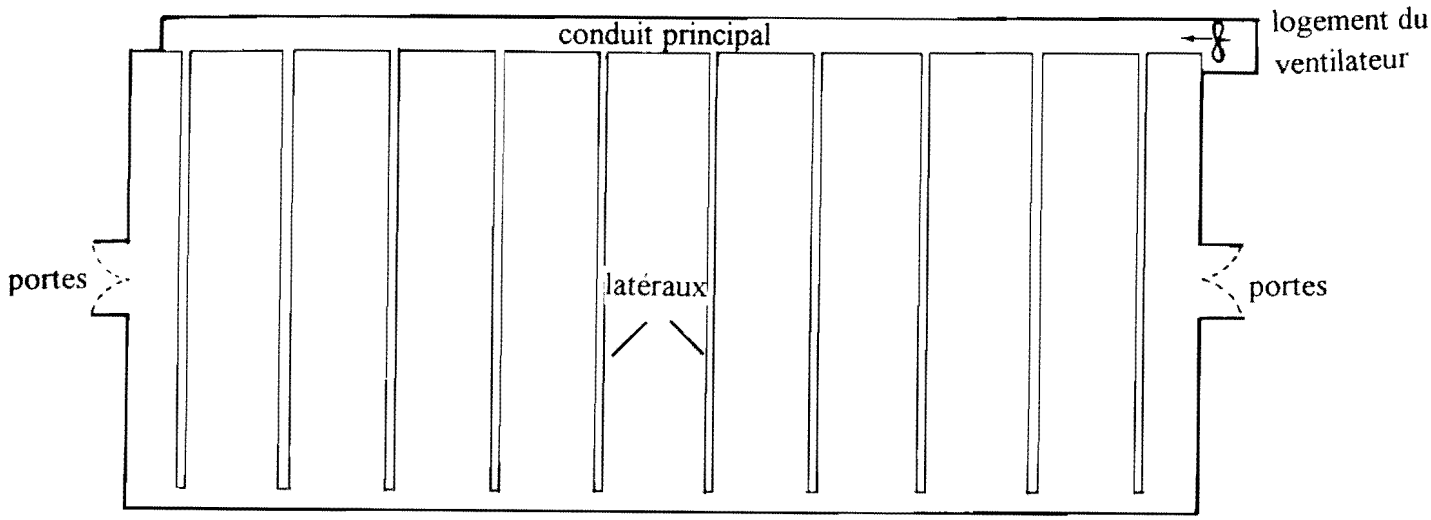


Source: Potato Marketing Board. No date. Control of Environment, Part 2. (Contrôle de l'environnement, Partie 2) London: Sutton Bridge Experiment Station, Report No. 6

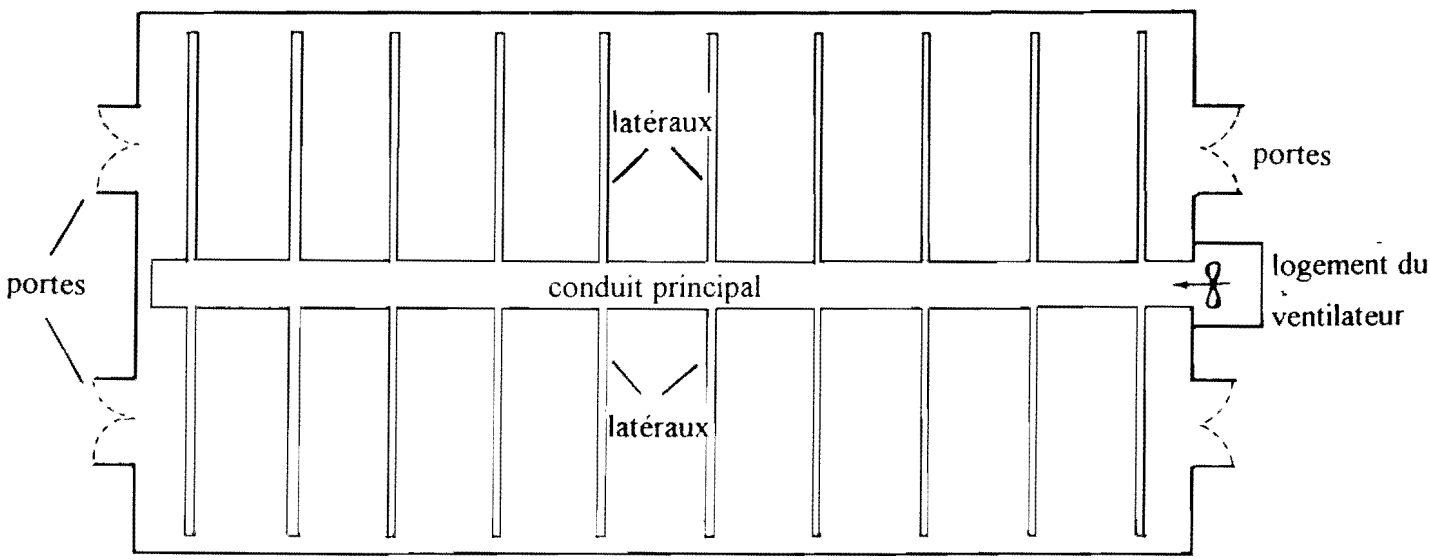
Structures de stockage

Le bon agencement des trous de ventilation de sol pour la circulation de l'air améliorera la ventilation dans les entrepôts. Les conduits latéraux doivent être à 2 m de distance (mesure à partir des centres). Les vélocités du courant d'air à partir des conduits principaux doivent être de 10 à 13 m/s.

Conduit principal longitudinal :



Conduit principal central :

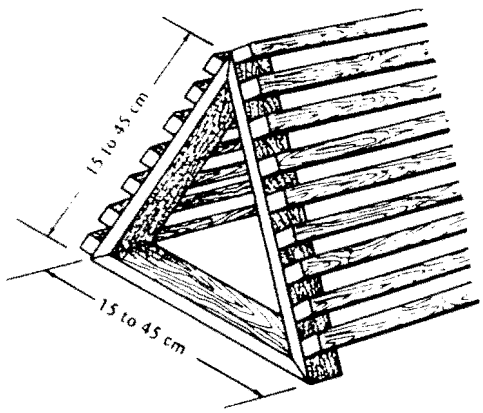


Source: Potato Marketing Board. No date. Control of Environment, Part 2. (Contrôle de l'environnement? Partie 2) London: Sutton Bridge Experiment Station, Report No. 6

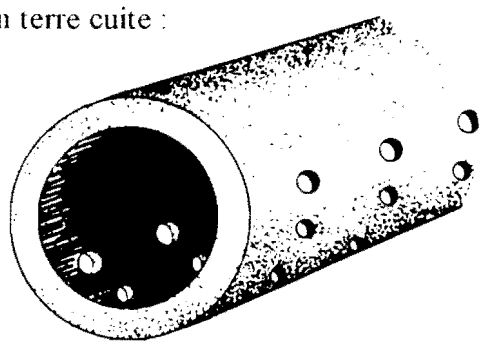
Structures de stockage

On peut construire des conduits latéraux à partir d'un grand nombre de matériaux. On peut fabriquer des conduits de ventilation portatifs à partir de lattes en bois, disposées en triangle, en carré ou en rectangle. On peut employer un tube rond en plastique ou en terre cuite si des trous peuvent être percés sans causer de dégâts structurels, ou on peut installer des conduits permanents sous la terre en employant des blocs de béton.

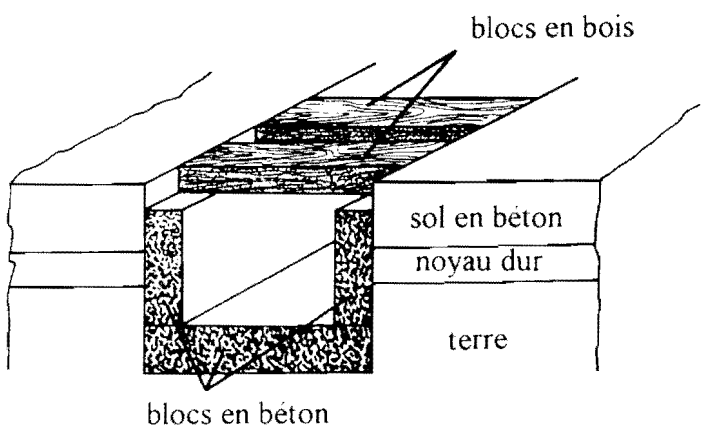
Conduit triangulaire en bois:
(voir aussi page 147)



Conduit en terre cuite :



Conduit enterré en béton :

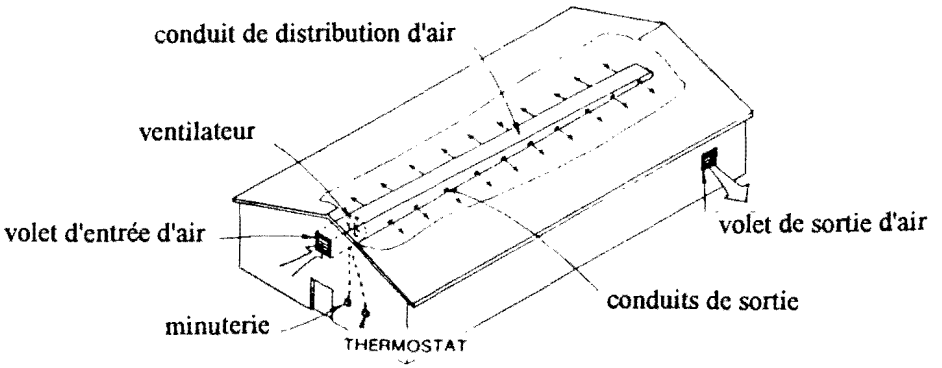


Source: Potato Marketing Board. No date. Control of Environment, Part 2. (Contrôle de l'environnement Partie 2) London: Sutton Bridge Experiment Station, Report No. 6

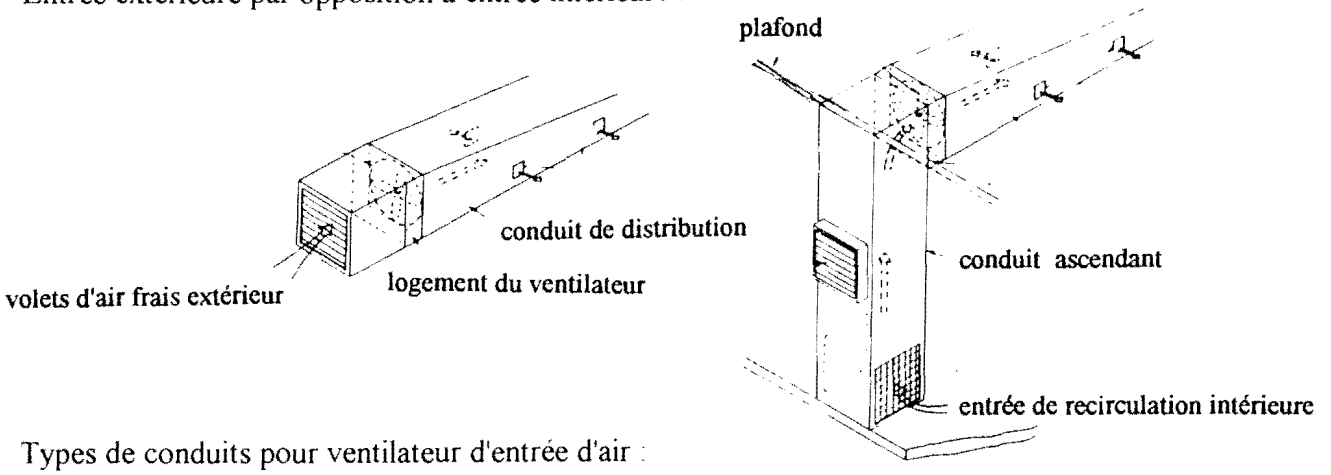
Structures de stockage

Dans les régions plus froides, des températures de stockage convenables peuvent être maintenues par l'apport de l'air extérieur dans l'installation de stockage. Des installations typiques de ventilateurs pour un système pressurisé de ventilation sont illustrées ci-dessous. La distribution par le haut de l'air simplifie le plan de l'entrepôt. Une entrée de recirculation intérieure peut être ajoutée si l'on emploie de la réfrigération. On peut construire des conduits à partir de bois, de tubes en plastique ou d'autres matériaux acceptables.

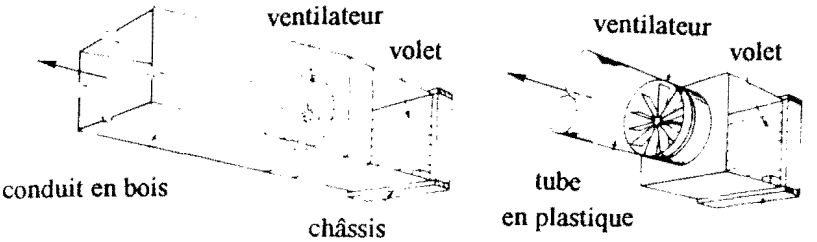
Système de distribution de la ventilation par le haut :



Entrée extérieure par opposition à entrée intérieure :



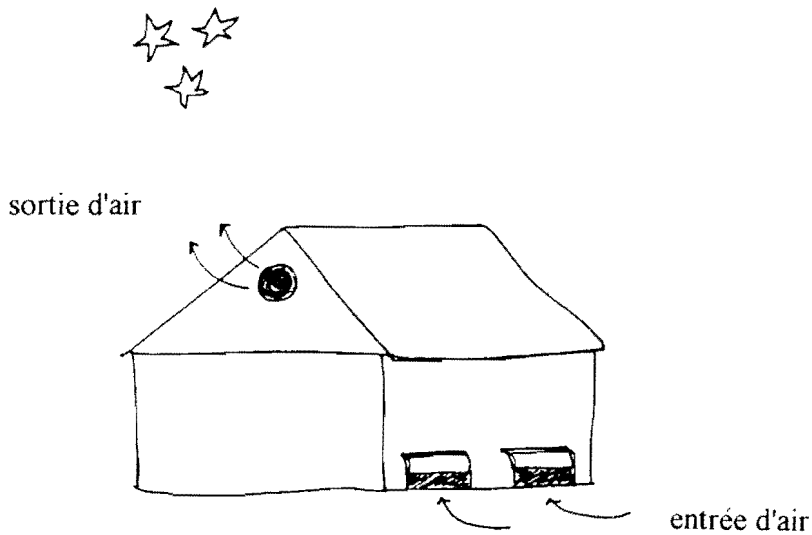
Types de conduits pour ventilateur d'entrée d'air :

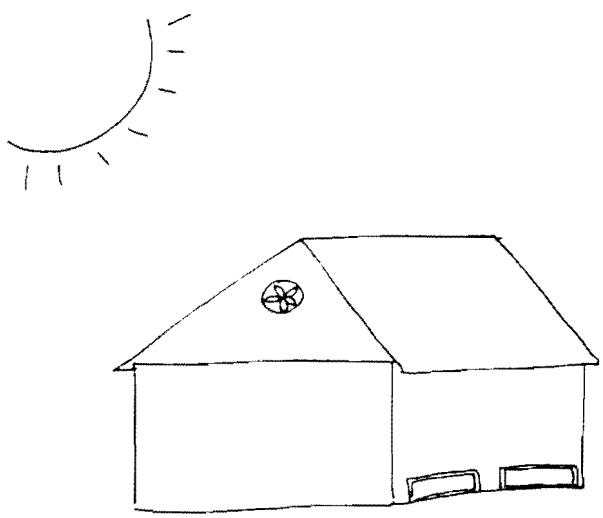


Source: Davis, R. et al. No date. Storage Recommandations for Northern Onion Growers. (Recommandations de stockage pour les producteurs d'oignons du nord) Cornell University Extension Information Bulletin 148

Structures de stockage

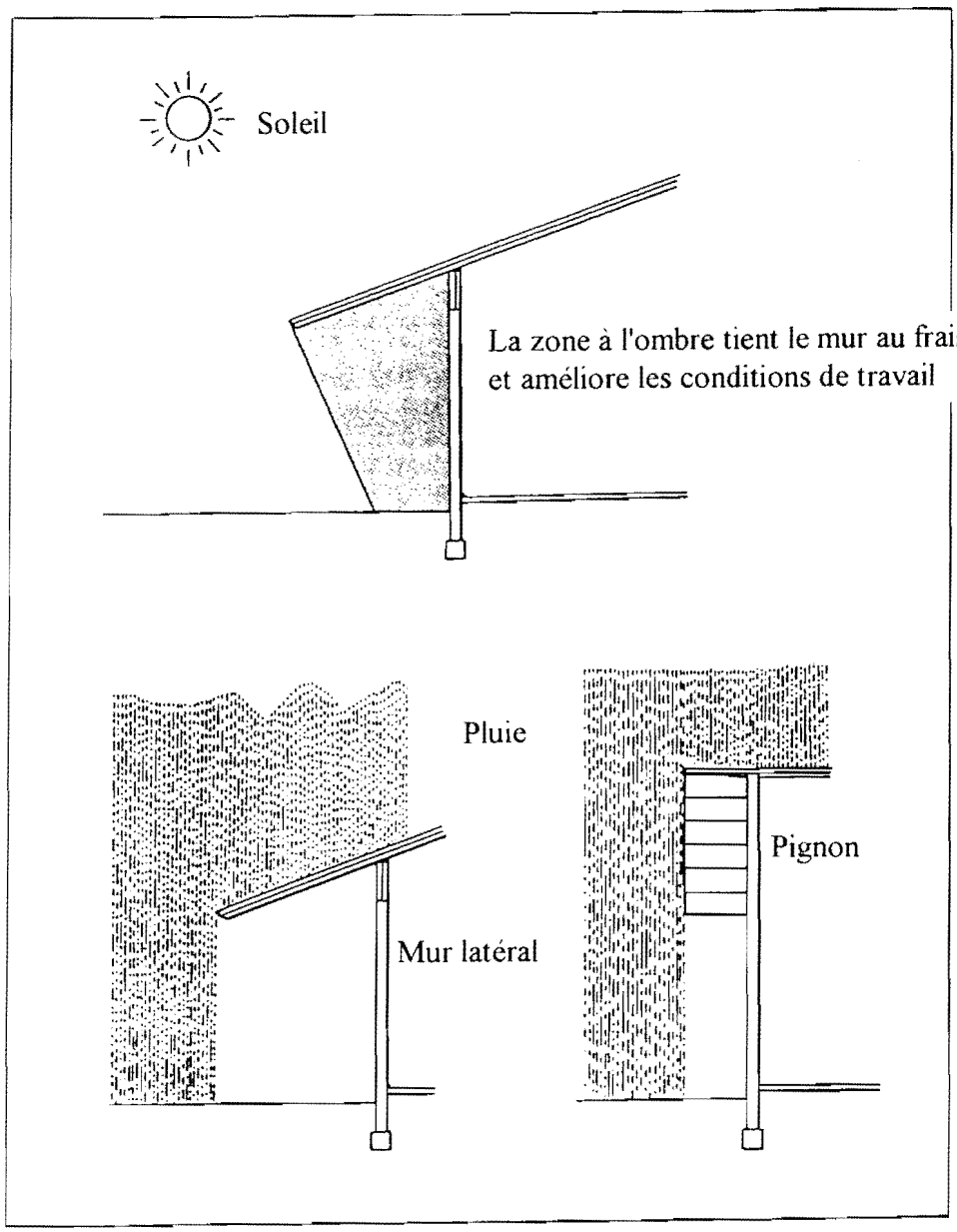
On peut refroidir les structures de stockage par ventilation nocturne, quand l'air extérieur est frais. Pour obtenir les meilleurs résultats, les trous de ventilation doivent être situés à la base de la structure de stockage. Un ventilateur d'échappement situé au sommet de la structure force l'air à travers l'entrepôt. Il faut fermer les trous de ventilation au lever du jour et les laisser fermés pendant la journée.





Structures de stockage

Des extensions de toits qui dépassent des structures de stockage peuvent donner de l'ombre aux murs et aux ouvertures de ventilation, et apporter une protection contre la pluie. On recommande un surplomb d'au moins un mètre.



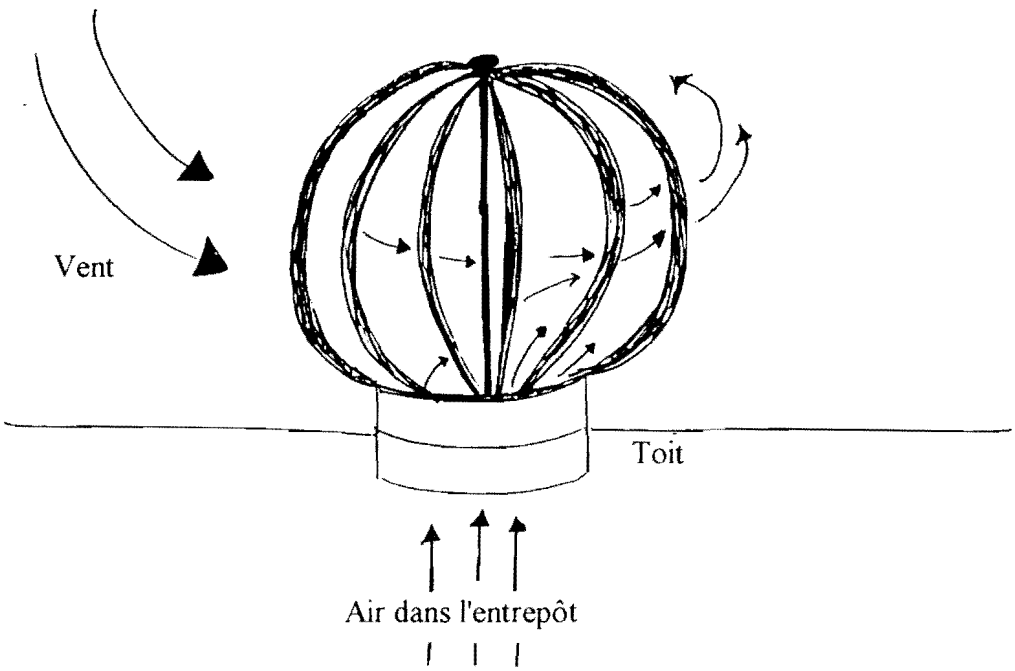
Source: Walker, D.J. 1992. World Food Programme Food Storage Manual. (Manuel de Stockage d'aliments du programme mondial des aliments) Chatham, UK: Natural Resources Institute.

Structures de stockage

Quand l'électricité n'est pas disponible, des turbines éoliennes peuvent améliorer le refroidissement en forçant l'air à travers le bâtiment. Des trous de ventilation au niveau du sol sont très utiles pour le refroidissement par ventilation d'air nocturne.

On peut construire la turbine illustrée ci-dessous à partir d'une feuille de métal qui est tordue de manière à prendre le vent et que l'on fixe à un montant central qui sert d'axe de rotation. L'air chaud dans l'entrepôt s'élève, la turbine tourne et expulse l'air, initiant un courant d'air chaud vers le haut. On placera la turbine au sommet du toit de la structure de stockage.

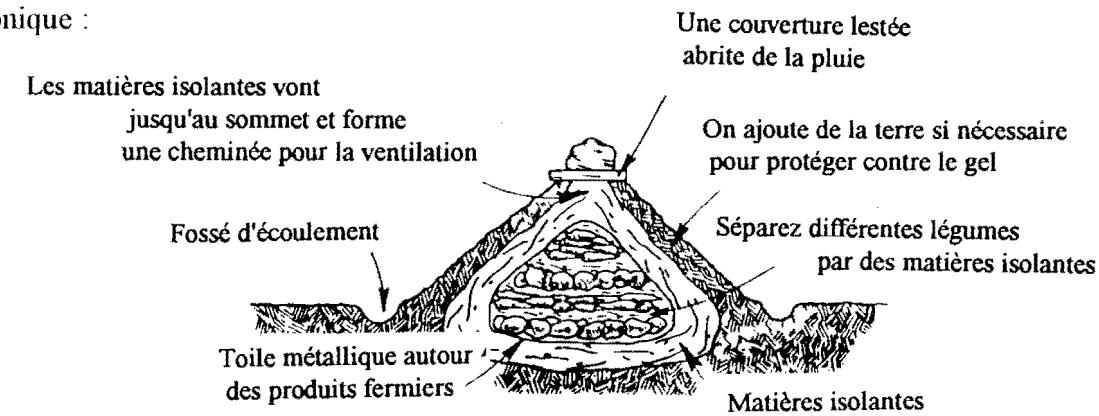
Turbine éolienne



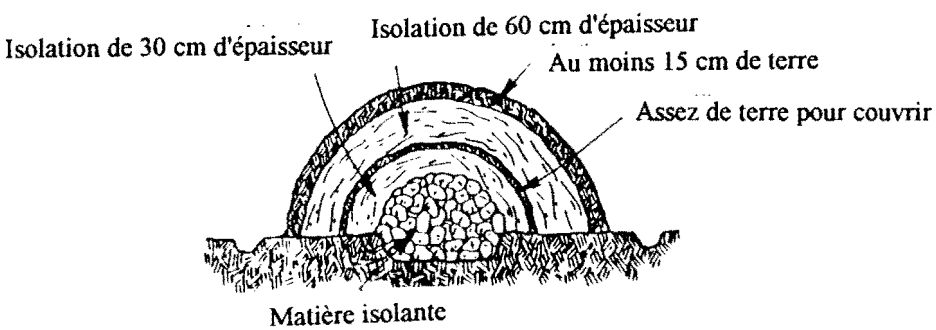
Structures de stockage

Une surface de stockage protégée est une méthode simple pour le stockage de petites quantités de produits fermiers. Les exemples ci-dessous conviennent particulièrement bien quand les nuits sont plus fraîches que les températures idéales de stockage. On peut employer des matières isolantes, comme la paille et l'on peut construire des couvertures de protection à partir de planches en bois, de feuilles de plastique ou de couches de terre compactée.

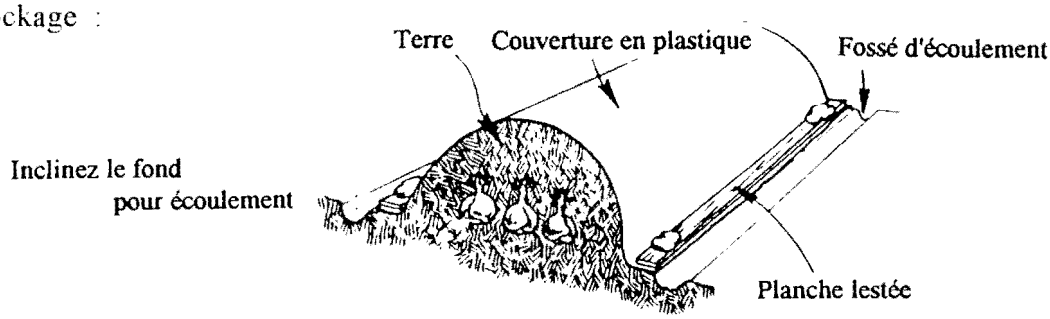
Silo-cuve conique :



Butte de stockage :



Tranchée de stockage :

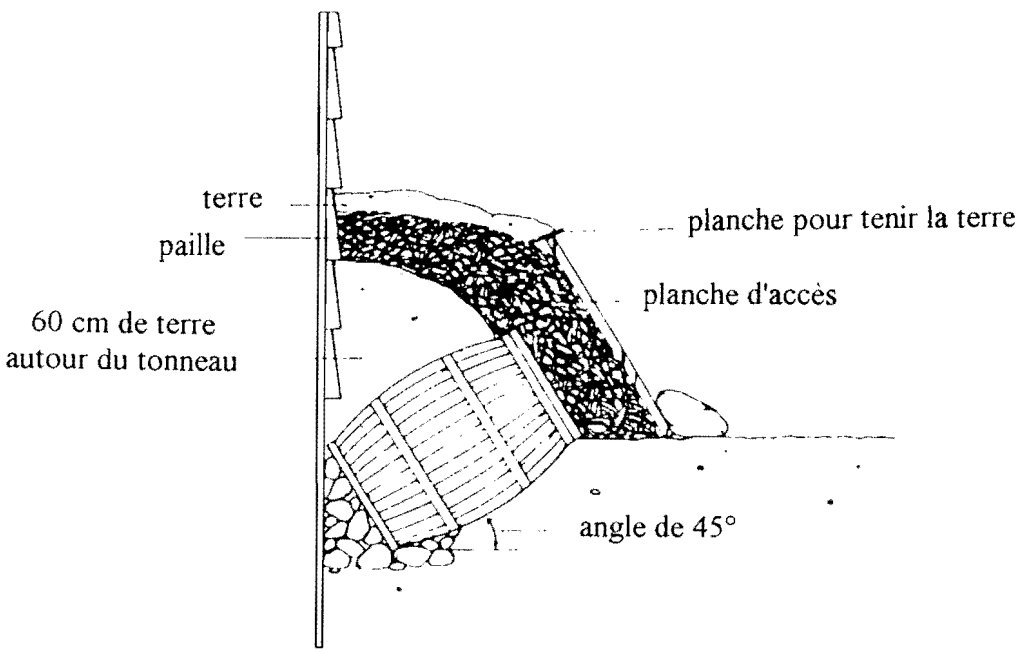


Source: McKay, S. 1992. Home Storage of Fruits and Vegetables. (Conservation ménagère des fruits et légumes) Northest Regional Agricultural Engineering Service Publication No. 7

Structures de stockage

Une des méthodes les plus simples pour stocker de petites quantités de produits fermiers est d'employer n'importe quel récipient disponible et de créer un environnement frais pour le stockage, en l'enfouissant dans des matières isolantes et de la terre. Dans l'exemple ci-dessous, on se sert d'un tonneau en bois et de paille comme matière isolante.

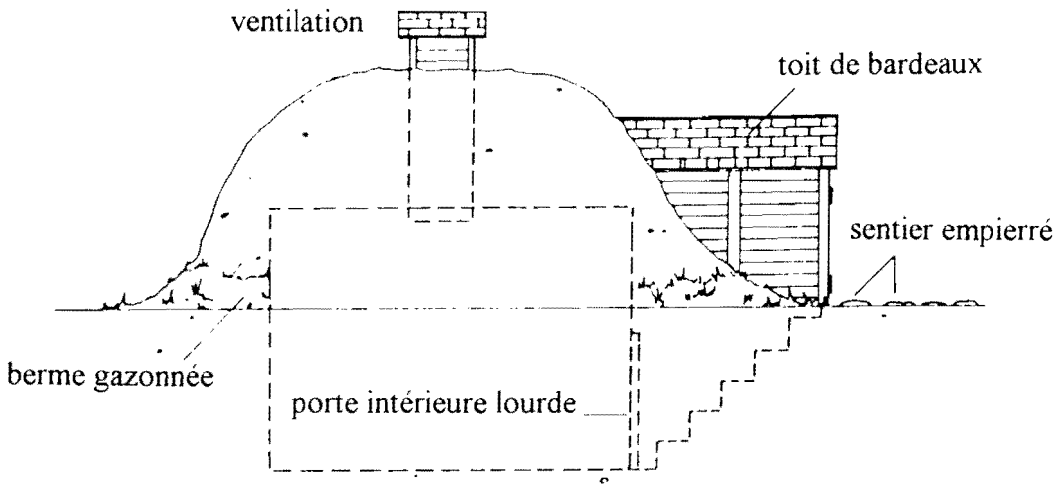
Tonneau de stockage :



Source: Bubel, M. and Bubel, N. 1979. Root Cellaring: The Simple, No-Processing Way to Store Fruits and Vegetables. (Mise en cave des racines et tubercules: La méthode simple, sans transformation de stocker les fruits et légumes) racines Emmaus, PA: Rodale Press. 297 pp.

Structures de stockage

On peut construire une cave pour le stockage des racines et tubercules en creusant un trou d'environ 2 mètres de profondeur et en garnissant les côtés d'un cadre de planches en bois. L'exemple ci-dessous fait environ 3 mètres sur 4, avec une cheminée de 35 cm² en bois comme aérateur sur le toit.

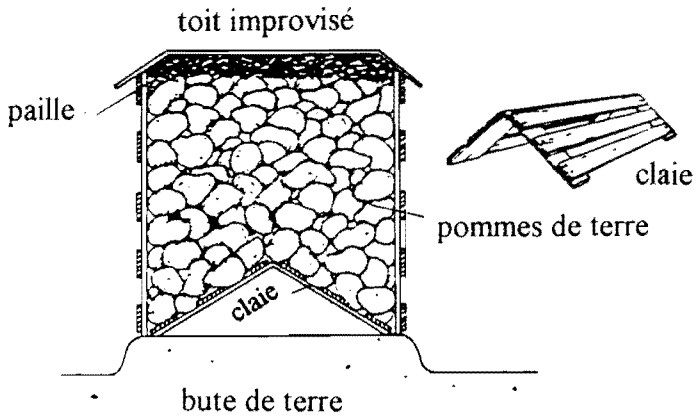


Source: Bubel, M. and Bubel, N. 1979. Root Cellaring: The Simple, No-Processing Way to Store Fruits and Vegetables. (Mise en cave des racines et tubercules: La méthode simple, sans transformation de stocker les fruits et légumes) Emmaus, PA: Rodale Press. 297 pp.

Structures de stockage

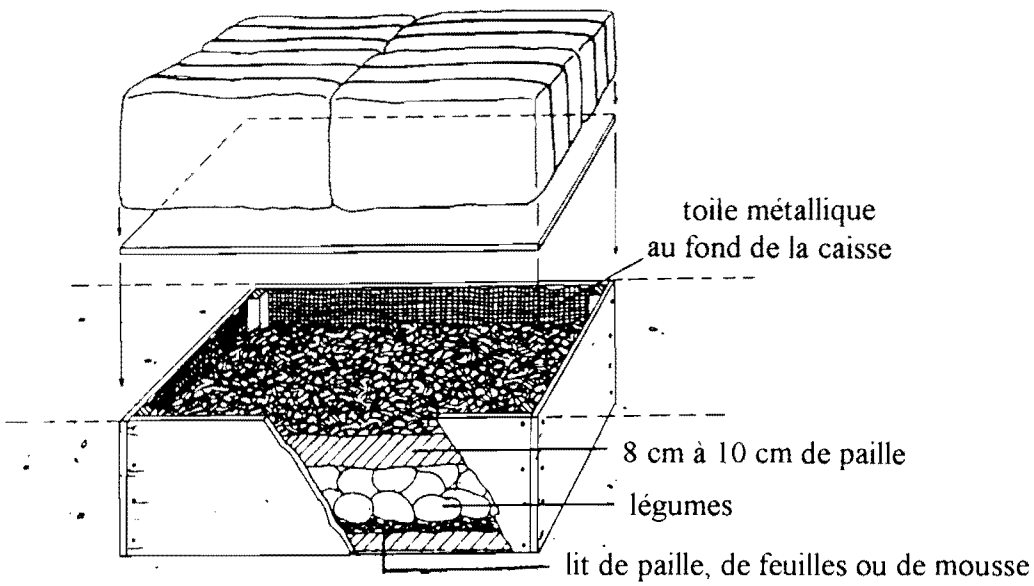
On peut se servir d'un bac de stockage extérieur pour placer de petites quantités de pommes de terre dans une région où il fait frais mais ne gèle pas. Une claie en bois donne de l'espace pour la ventilation et on se sert de paille pour l'isolation. Il est préférable de placer ce genre de structure dans un endroit ombragé.

Bac de stockage :



Une boîte à racines et tubercules, doublée de toile métallique et de paille, enterrée jusqu'à son bord supérieur gardera les pommes de terre au frais tout en les protégeant du gel. Le couvercle en bois peut être soulevé et donne un accès facile aux produits et les ballots de paille sur le dessus apportent une isolation supplémentaire.

Boîte à racines :



Source: Bubel, M. and Bubel, N. 1979. Root Cellaring: The Simple, No-Processing Way to Store Fruits and Vegetables. (Mise en cave des racines et tubercules: La méthode simple, sans transformation de stocker les fruits et légumes) Emmaus, PA: Rodale Press. 297 pp.

Bulbes et produits séchés

Le stockage à basse humidité convient le mieux pour les oignons, l'ail et les produits séchés. Les oignons et l'ail germent si on les stocke à des températures intermédiaires. Les oignons forts se conservent plus longtemps que les oignons doux que l'on garde rarement plus d'un mois (Kasmire & Cantwell dans Kader, 1992). Le tableau ci-dessous donne les conditions de stockage que l'on recommande pour ces produits.

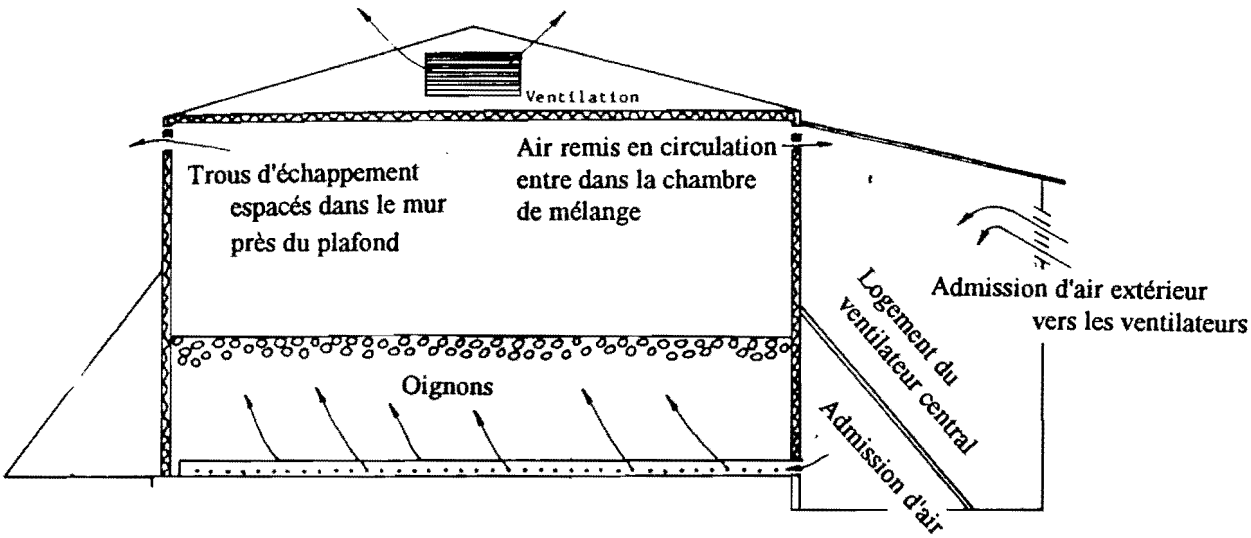
	Température	HR	Durée potentielle de conservation
	°C	%	
Oignons	0-5	32-41 65-70	6-8 mois
	28-30	65-70	1 mois
Ail	0	70	6-7 mois
	28-30	70	1 mois
Fruits et légumes séchés	<10	55-60	6-12 mois

Source: Bubel, M. and Bubel, N. 1979. Root Cellaring: The Simple, No-Processing Way to Store Fruits and Vegetables. (Mise en cave des racines et tubercules: La méthode simple, sans transformation de stocker les fruits et légumes) Emmaus, PA: Rodale Press. 297 pp.

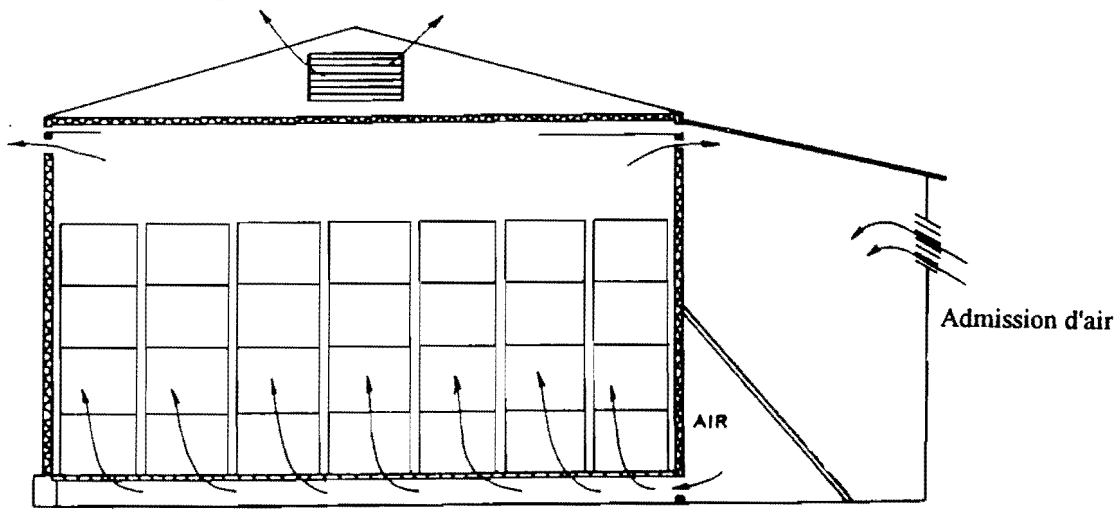
Bulbes et produits séchés

Pour le stockage en vrac des oignons et de l'ail, il faut construire des systèmes de ventilation qui donne de l'air dans l'entrepôt à partir de la partie inférieure à un taux de 2 m3/min. par m3 de produits. Si les produits sont dans des cartons ou dans des bacs, il faut que l'air puisse circuler librement entre les piles. Il faut empiler les rangées de récipients parallèlement à la direction du courant d'air et il faut les espacer d'environ 15 cm. Il faut fournir une arrivée d'air suffisante à la base de chaque rangée et les récipients doivent être bien ventilés.

Stockage en vrac :



Stockage en cartons ou bacs :



Source: Oregon State University. 1978. Onion Storage: Guidelines for Commercial Growers. (Conservation des oignons : Directives pour les producteurs commerciaux) Oregon State Extension Service. Extension Circular 948.

Racines et tubercules

Les conditions de stockage recommandées pour les racines et tubercules sont données dans le tableau ci-dessous. (de Kasmire & Cantwell dans Kader, 1992). On recommande de garder les pommes de terre pour transformation à des températures intermédiaires pour limiter la production de sucres qui noircissent lorsqu'ils sont chauffés. Les pommes de terre pour consommation doivent aussi être stockées dans l'obscurité car si on les stocke à la lumière les tubercules produisent de la chlorophylle (deviennent verts) et un alcaloïde toxique, la solanine. Les pommes de terre stockées comme "semences" doivent être stockées à la lumière diffuse (CIP, 1981). La chlorophylle et la solanine qui s'accumulent protégeront les pommes de terre à semer des insectes et des organismes qui provoquent la pourriture.

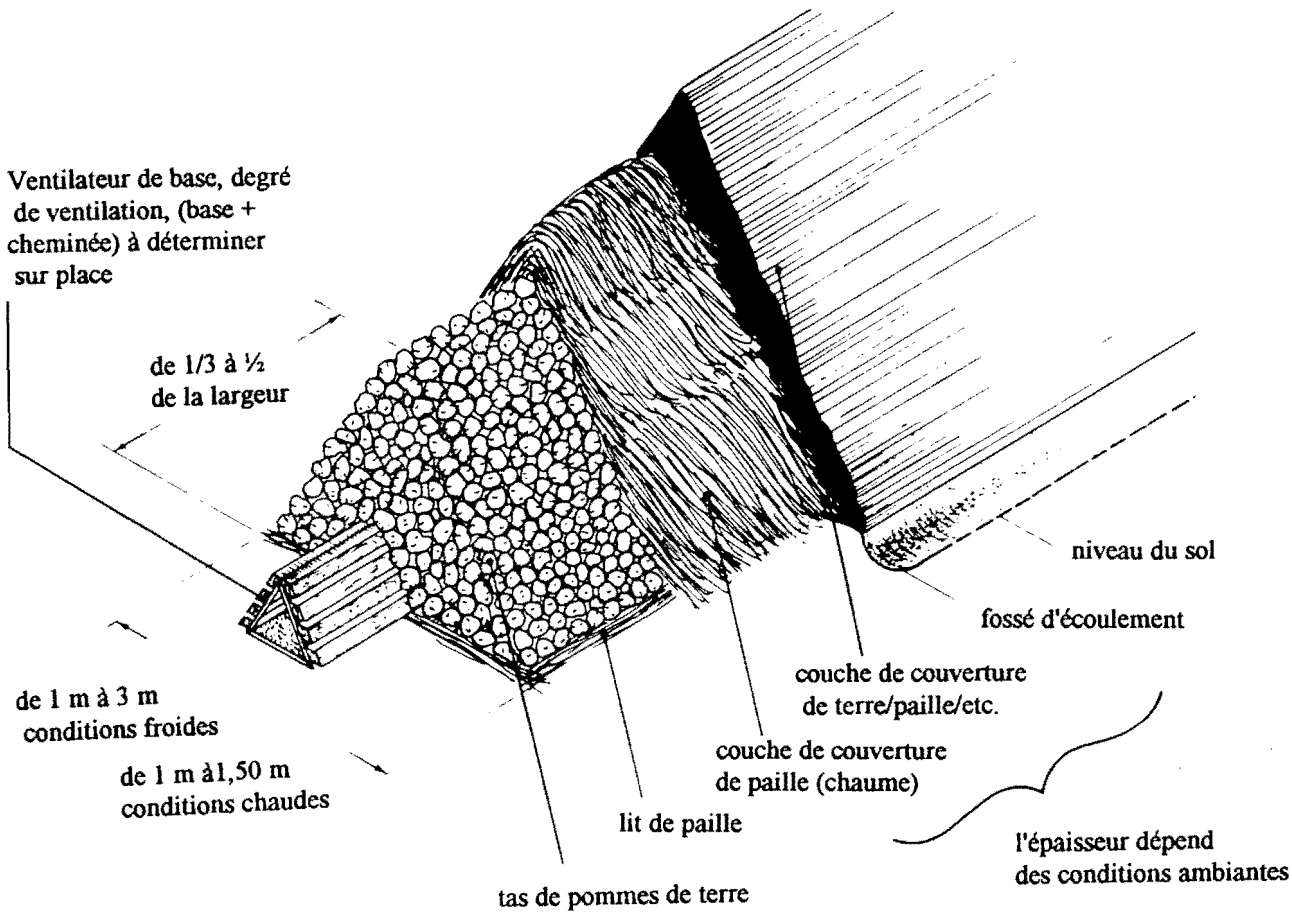
Il faut stocker les racines et tubercules tropicaux à des températures qui les protègent des blessures dues au froid, car celles-ci peuvent causer le brunissement intérieur, des piqûres en surface et une plus grande susceptibilité à la pourriture.

	Température °C	HR(%)	Durée potentielle de conservation
Pommes de terre			
à consommer	4-7	95-98	10 mois
pour transformation	8-12	95-98	10 mois
semences	0-2	95-98	10 mois
Manioc	5-8	80-90	2-4 semaines
	0-5	85-95	6 mois
Patates douces	12-14	85-90	6 mois
Ignames	13-15	presque 100	6 mois
	27-30	60-70	3-5 semaines
Gingembre	12-14	65-75	6 mois
Jicama	12-15	65-75	3 mois
Taro	13-15	85-90	4 mois

Pommes de terre

Pour le stockage des pommes de terre, un silo sur le terrain est une technologie peu coûteuse et on peut le construire en employant des matériaux de ventilation et d'isolation disponibles localement. Dans l'exemple illustré ci-dessous, on emploie une boîte de ventilation en bois et de la paille comme isolation. Le tas entier de pommes de terre et de paille est recouvert d'une couche de terre qui ne doit pas être trop compactée. Dans les régions très froides, on peut ajouter une deuxième couche de paille et de terre. Dans les régions chaudes, on a besoin de moins de terre mais on peut ajouter plus de ventilation en construisant des trous d'échappement de type cheminée sur le sommet du silo.

Silo sur le terrain :

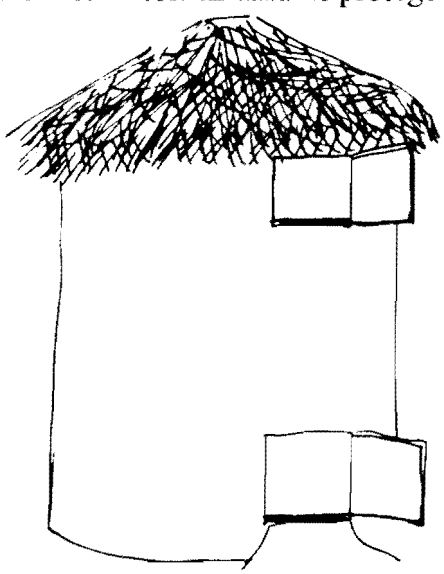


Source: CIP. 1981. Principles of Potato Storage. (Principes de stockage des pommes de terre) Lima, Peru: International Potato Center (CIP). 105 pp.

Pommes de terre

On peut construire de simples entrepôts pour des petites quantités de pommes de terre. Les exemples montrés ci-dessous peuvent stocker entre 1 et 2 tonnes, et sont employés dans les fermes et les villages de montagne. Le premier est fait de planches en bois non finies, peintes en blanc pour réduire l'accumulation de chaleur du soleil et est couvert d'un grand toit en chaume pour le protéger du soleil et de la pluie. Il a une grande porte sur un côté qui sert au chargement et au déchargement.

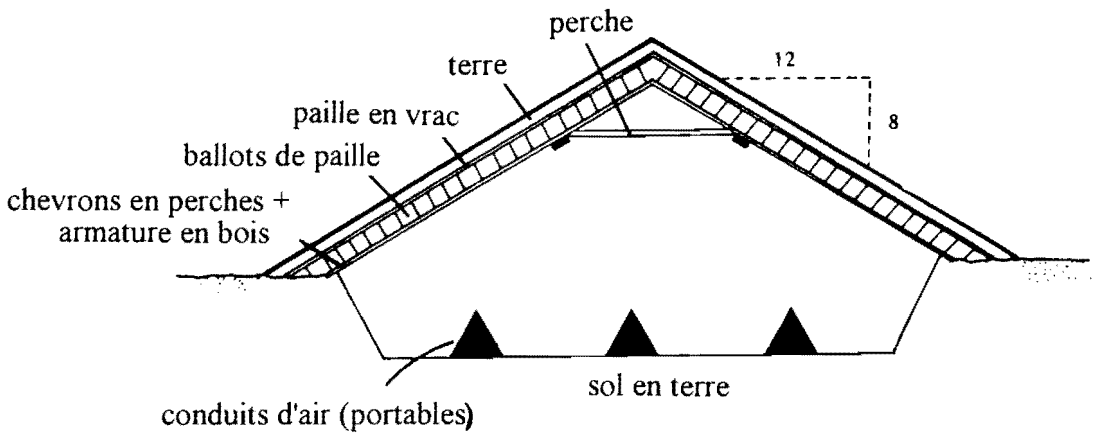
Le second entrepôt, de forme cylindrique, est fabriqué à partir de lattes et de plâtre, et de briques crues, il a deux portes, une au-dessus pour le chargement, l'autre dans le bas pour pouvoir facilement retirer les pommes de terre à vendre ou à consommer. Le chaulage réduit l'accumulation de chaleur et un toit en chaume protège les pommes de terre du soleil et de la pluie.



Source: CIP. 1981. Principles of Potato Storage. (Principes de stockage des pommes de terre) Lima, Peru: International Potato Center (CIP). 105 pp.

Pommes de terre

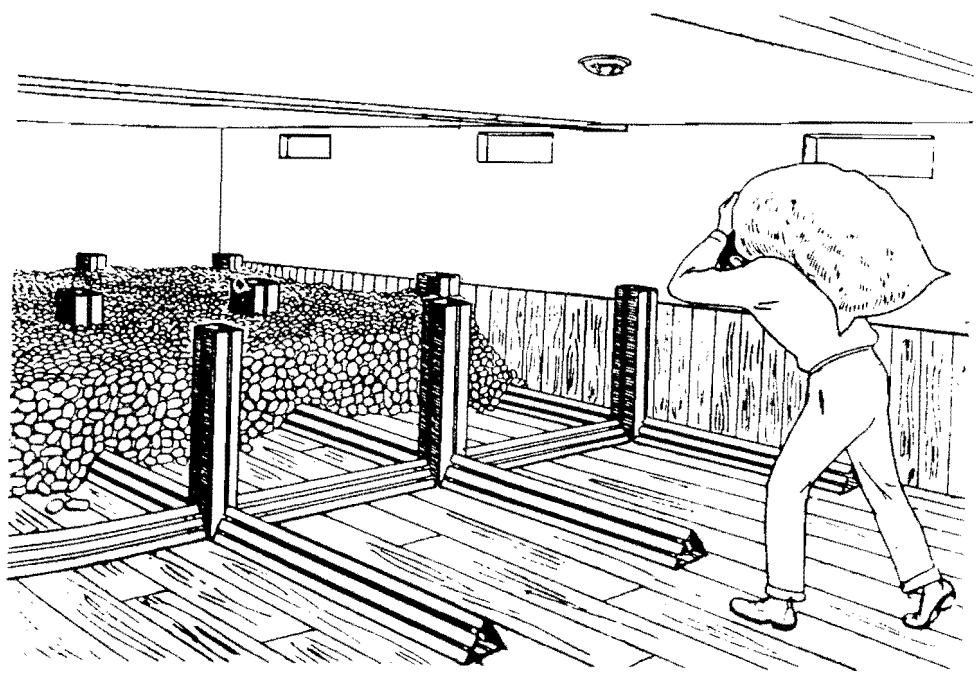
Pour de grandes quantités de pommes de terre, on peut construire un entrepôt autoporteur en forme de cadre triangulaire. On creuse une tranchée d'environ 3 m de profondeur et l'on place des conduits de ventilation le long du fond. Le toit du bâtiment est fait de bois recouvert de paille et de terre.



Source: University of Idaho. No date. Idaho Potato Storage. (Stockage des pommes de terre dans l'Idaho) Agricultural Experiment Station, College of Agriculture, Bulletin 410.

Pommes de terre

Les conduits de ventilation pour les entrepôts peuvent être verticaux ou horizontaux. L'entrepôt à pommes de terre montré ci-dessous apporte une bonne ventilation grâce à des matériaux simples. L'entrepôt peut être de n'importe quelle taille ou forme puisque les conduits peuvent être placés de manière égale partout.

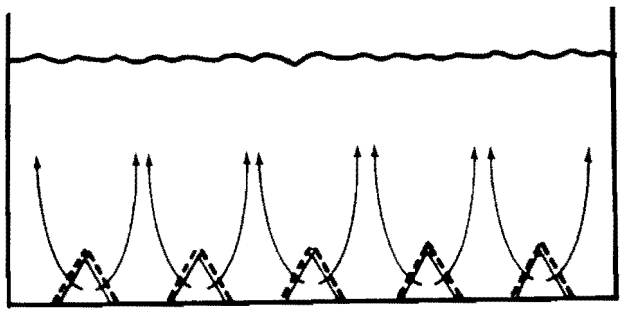


Source: Lopez, E.G. 1983. Conservacion de la Produccion Agricola. (Conservation de la production agricole) Barcelona: Editorial Aedos. 188 pp.

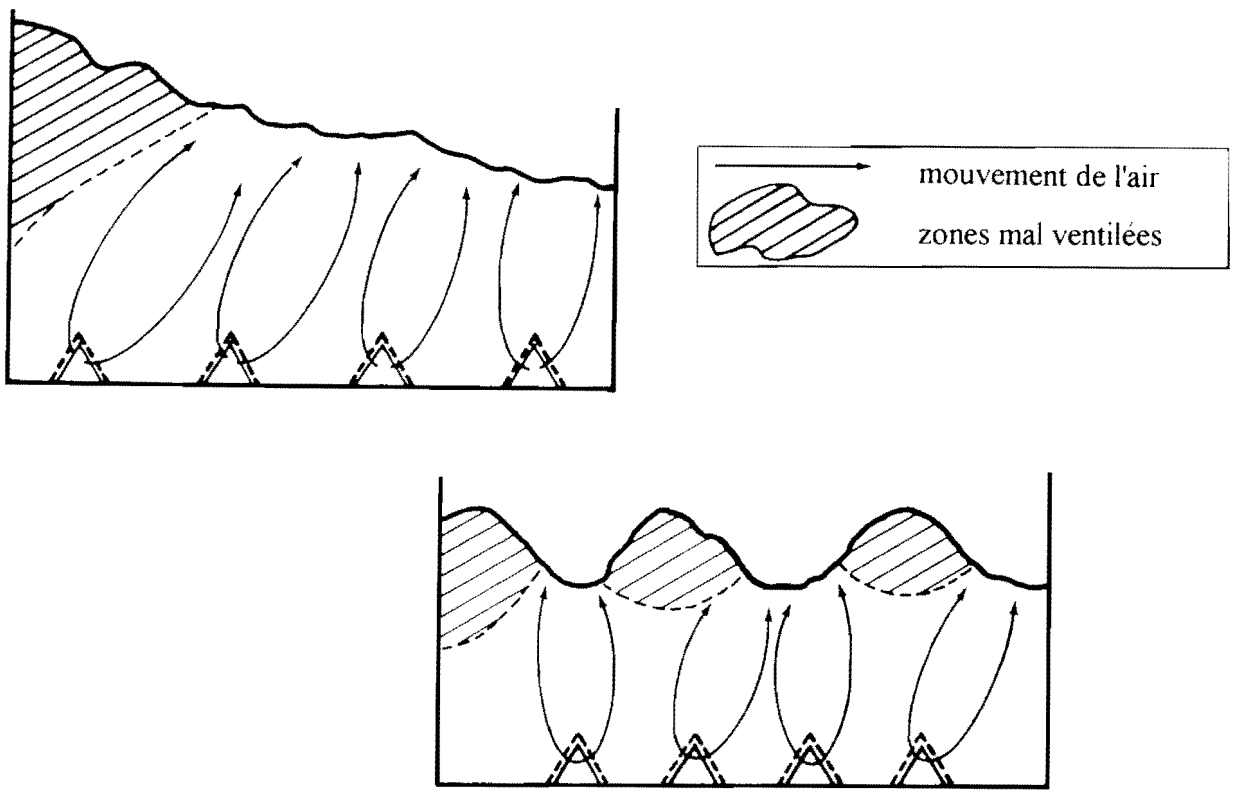
Pommes de terre

Lors du chargement des pommes de terre pour le stockage en vrac, une distribution uniforme du produit est importante pour assurer une bonne ventilation. Des charges inégales empêchent la bonne circulation de l'air et provoquent des pertes dues à une mauvaise ventilation.

Distribution uniforme des pommes de terre dans l'entrepôt :



Distribution inégale des pommes de terre dans l'entrepôt :



Source: CIP. 1981. Principles of Potato Storage. (Principes de stockage des pommes de terre) Lima, Peru: International Potato Center (CIP) 105 pp.

Stockage en atmosphère contrôlée (AC)

Il faut employer le stockage en atmosphère contrôlée ou modifiée comme supplément et non comme substitut à une bonne gestion de la température et de l'humidité relative. On trouvera ci-dessous quelques méthodes simples pour la modification de la composition de l'air dans l'environnement de stockage (de Kader, 1992). L'air entrant dans l'entrepôt ou étant remis en circulation dans la pièce, doit passer à travers un système de contrôle et de surveillance.

Contrôle de l'oxygène

pour DIMINUER

purger au nitrogène

à partir de nitrogène liquide par un évaporateur
à partir d'un générateur de nitrogène à membrane
à partir d'un générateur de nitrogène à tamis moléculaire

Contrôle du dioxyde de carbone

pour AUGMENTER:

glace sèche
cylindre de gaz pressurisé

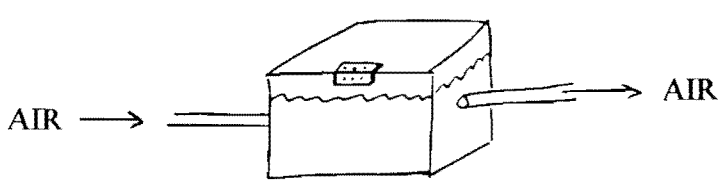
pour DIMINUER

épurateur par tamisage moléculaire
épurateur au charbon de bois actif
épurateur à l'hydroxyde de sodium
chaux hydratée (employez 0,6 kg de chaux hydratée pour traiter l'air employé pour ventiler 100 kg de fruits. L'air peut être dirigé de manière à passer à travers une boîte à chaux située à l'intérieur ou à l'extérieur de l'entrepôt à AC).

Contrôle de l'éthylène

pour DIMINUER

permanganate de potassium
charbon de bois actif
oxydation catalytique



Source: Vigneault, C., Raghavan, V.G.S., and Prange, R. 1994. Techniques for controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. (Techniques d'atmosphère contrôlée pour le stockage de fruits et légumes) Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada, Technical Bulletin 1993-18E.

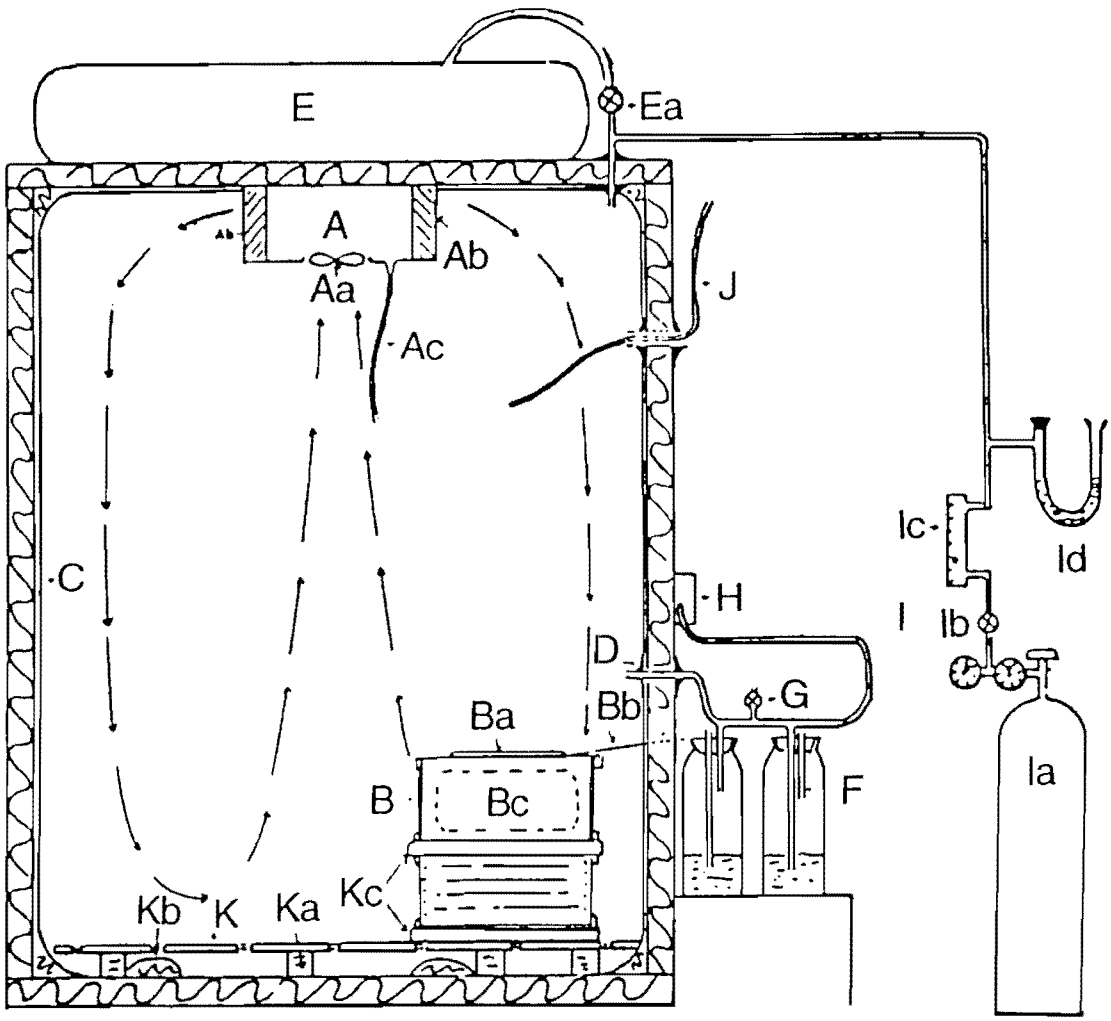
Stockage en atmosphère contrôlée (AC)

Le tableau ci-dessous donne un résumé des conditions recommandées pour le stockage en atmosphère contrôlée (de Kader, 1992). On y a inclus seulement les fruits et légumes pour lesquels le stockage commercial en AC est couramment utilisé.

	Échelle de température °C	Échelle de % O2	Échelle de %CO2
Fraises	0-5	10	15-20
Pommes	0-5	2-3	1-2
Kiwis	0-5	2	5
Fruits-graines et séchés	0-25	0-1	0-100
Bananes	12-15	2-5	2-5
Cantaloup	3-7	3-5	10-15
Laitue	0-5	2-5	0
Tomates			
Mûres vertes	12-20	3-5	0
Partiellement mûres	8-12	3-5	0

Stockage en atmosphère contrôlée (AC)

Ci-dessous se trouve l'illustration d'un modèle d'entrepôt à atmosphère contrôlée de petite taille de style commercial. Chaque composant est indiqué. Pour de plus amples informations sur les méthodes de construction, les matériaux, et les coûts, veuillez vous référer à la source indiquée ci-dessous.



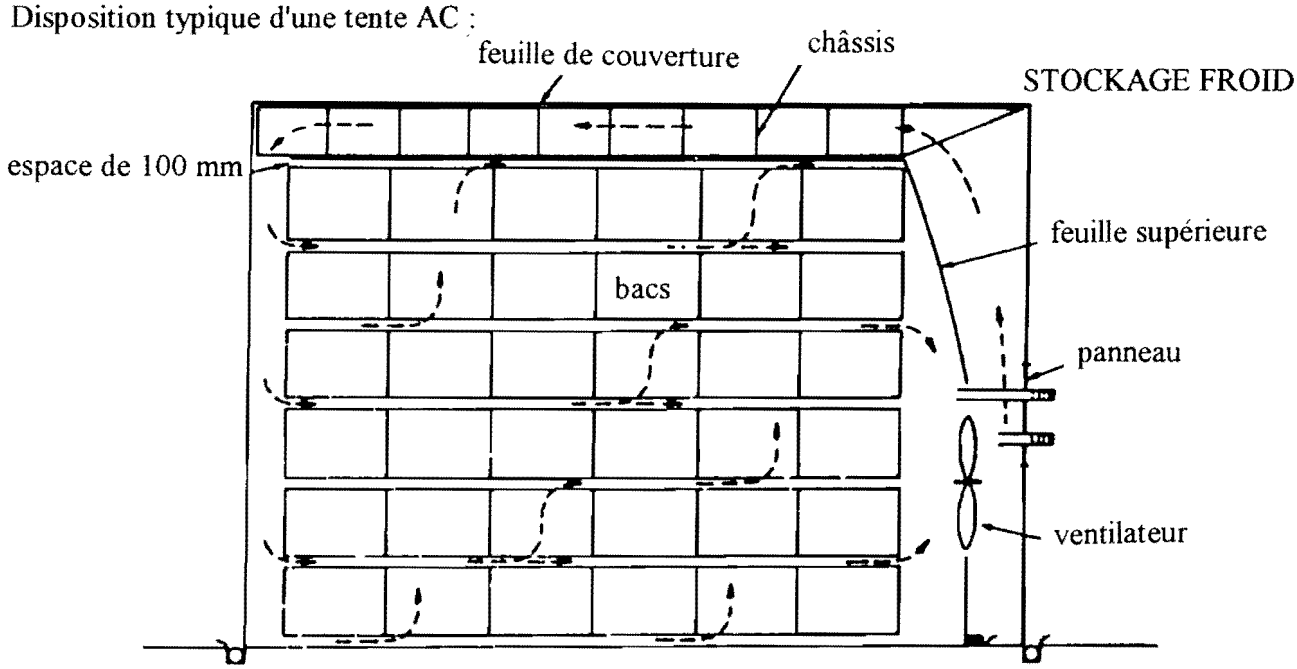
A - évaporateur Ab - ventilateur Ab - serpentin Ac - drain de dégel B - épurateur Ba -coulisse Bb - commande de l'épurateur Bc - chaux C - polyuréthanne pulvérisé D - bague avec rebord de tuyau intérieur E - sac de respiration Ea - vanne F - vannes de surpression "automatiques" G - vanne de surpression manuelle H - manomètre différentiel I - système de purge de l'azote Ia - cylindre de l'azote Ib - vanne compteur Ic - compteur purgeur Id - vanne de sécurité J - tuyau de test K - faux plancher Ka - 5 cm X 10 cm Kb - joint de plancher en polyuréthanne Kc - arrimage

Source: Lougheed, E.C. et al. 1985. Small scale simulated commercial C.A. Storage rooms. (Entrepôts de petite taille à atmosphère contrôlée, de type commercial) Int'l. CA Conf. North Carolina State Univ. Hort. Report No. 126:235-247.

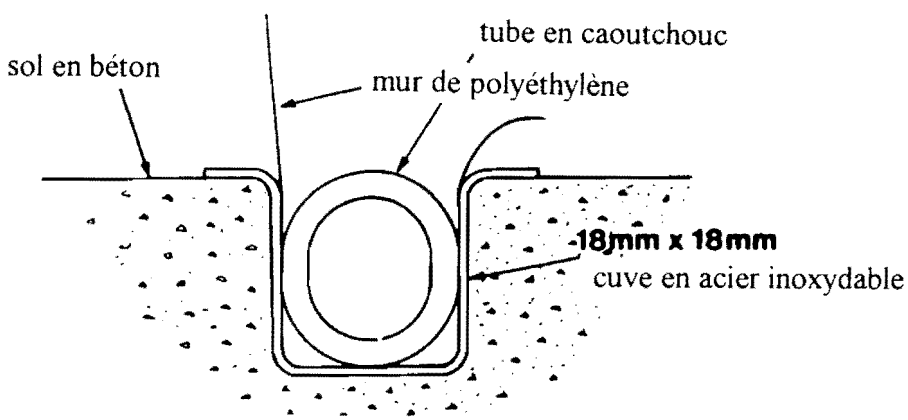
Stockage en atmosphère contrôlée (AC)

On peut aussi stocker des palettes de produits fermiers en atmosphère contrôlée en employant une installation plus durable pour créer un joint gazeux. On peut mettre n'importe quel nombre de palettes sous une tente en plastique. Une petite cuve en feuille métallique est placée de manière rectangulaire sur le sol en béton de la structure de stockage. On place une feuille de 7 mm de polyéthylène sur la palette de produits fermiers et on scelle la feuille en poussant un long tube en caoutchouc dans la cuve.

Disposition typique d'une tente AC :



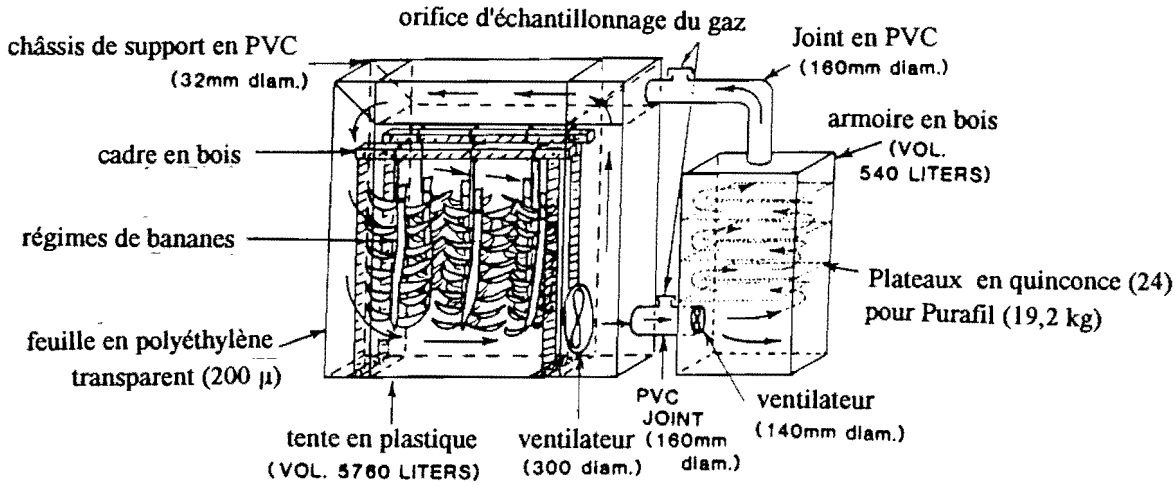
Disposition d'un joint dans la cuve de sol d'un entrepôt :



Source: McDonald, B. 1982. Controlled atmosphere storage using plastic tents. (Stockage en atmosphère contrôlée en employant des tentes en plastique) International Institute of Refrigeration.

Stockage en atmosphère contrôlée (AC)

On peut employer une tente en plastique peu coûteuse fabriquée à partir d'une feuille de polyéthylène pour le stockage en atmosphère contrôlée de régimes de bananes vertes. On emploie un petit ventilateur pour faire circuler l'air de stockage en AC (2% O_2 and 5% CO_2) à travers une chambre de permanganate de potassium sur de l'oxyde d'aluminium (Purafil). Le mûrissage est retardé car l'éthylène est retiré de l'air de stockage. La durée de conservation des bananes dans ces conditions est de 4 à 6 semaines à température ambiante.



Source: Shorter, A.J. et al. 1987. Controlled atmosphere storage of bananas in bunches at ambient temperatures. (Stockage en atmosphère contrôlée des bananes en régimes à température ambiante) CSIRO Food Research Quarterly 47:61-63.

La périssabilité relative et durée de la vie commerciale des produits horticoles frais

Classification des produits horticoles selon leur risque relatif des pertes et leur potentiel de conservation à température et humidité relative idéales

Risque relatif de perte	Potentiel de conservation	Produits
Très haut	moin de 2 semaines	abricot, cerise, champignon, epinard, figue, laitue, oignon vert, tomate mûr
Haut	de 2 - 4 semaines	aubergine, banane, haricots verts, mangue, melon, nectarine, pêche, poivron
Moyen	de 4 - 8 semaines	carrotte, grenade, orange, pamplemousse, raisin
Bas	de 8 - 16 semaines	ail, citron, oignon sec, potiron
Très bas	plus de 16 semaines	fruits-graines, fruits et légumes secs

Source: Kader, A.A., 1993. Postharvest Handling. (Manutention post-récolte) In: Preece, J.E. and Read, P.E., The Biology of Horticulture- An Introductory Textbook. (La Biologie de l'horticulture : un texte d'introduction) New York: John Wiley & Sons. pp. 353-377.

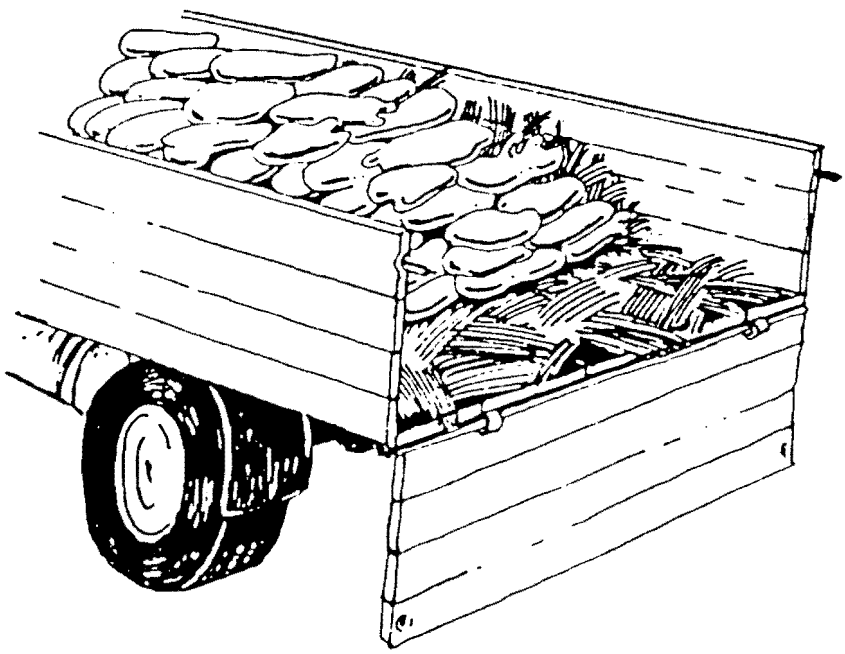
Section 8: Transport des produits horticoles

La gestion de la température est un point critique pendant le transport sur de longues distances, il faut donc bien empiler le chargement pour permettre à la circulation de l'air de retirer la chaleur des produits mêmes ainsi que la chaleur qui vient de l'atmosphère et de la route. Les véhicules de transport doivent être bien isolés pour maintenir un environnement frais pour les produits pré-refroidis, et bien ventilés pour permettre la circulation d'air sur les produits fermiers. Pendant le transport, les produits doivent être empilés de manière à minimiser les dégâts, puis arrimés et fixés. Un véhicule ouvert à l'air peut être chargé de manière à ce que l'air passe à travers le chargement et apporte un certain refroidissement aux produits quand le véhicule est en mouvement. Voyager pendant la nuit et tôt matin peut réduire la charge thermique sur un véhicule qui transporte des produits fermiers.

Des chargements mixtes peuvent poser un sérieux problème quand les températures idéales ne sont pas compatibles (par exemple, quand on transporte des fruits sensibles au froid avec des produits qui demandent des températures très basses) ou quand des produits générant de l'éthylène et des produits sensibles à l'éthylène sont transportés ensemble. Les fruits qui produisent beaucoup d'éthylène (comme les bananes mûres, les pommes, les cantaloups) peuvent causer des désordres physiologiques et/ou des changements indésirables de couleur, de goût ou de texture dans les produits qui sont sensibles à l'éthylène (tels que la laitue, les concombres, les carottes, les pommes de terre, les patates douces).

Véhicules ouverts

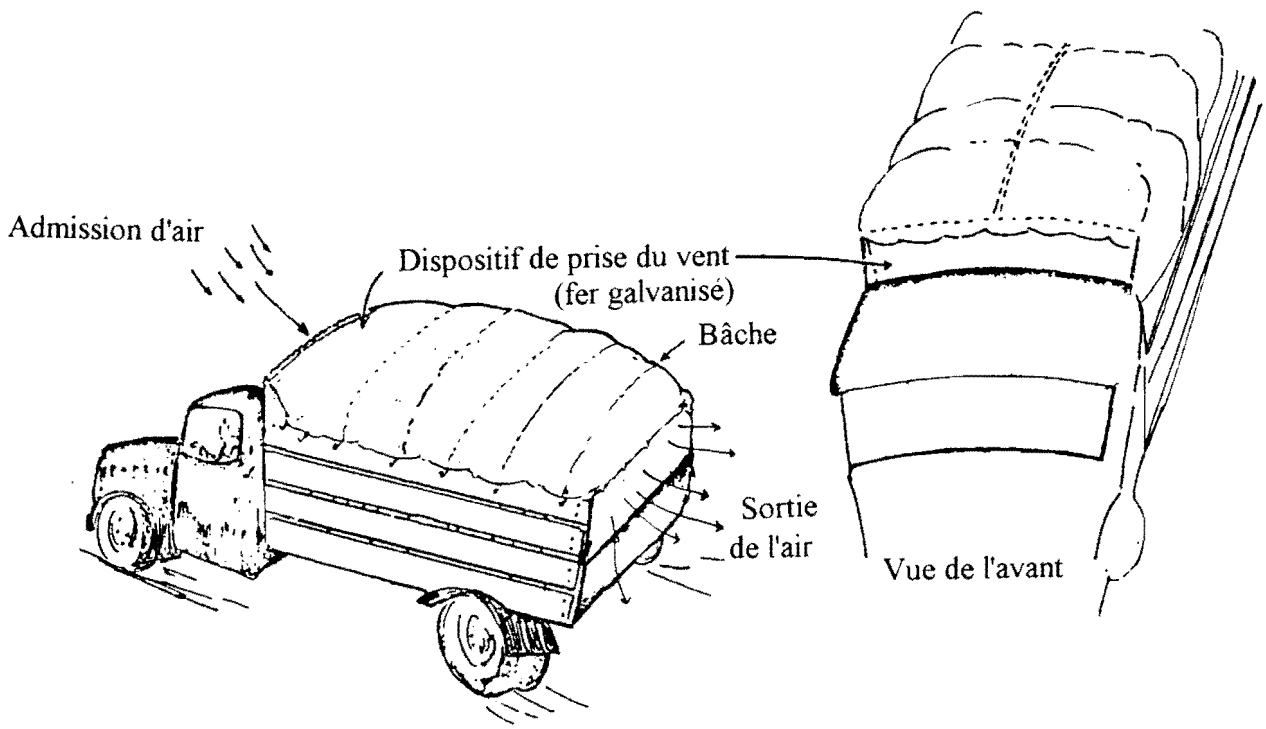
Il faut charger soigneusement les produits fermier en vrac pour éviter de provoquer des dégâts mécaniques. Les véhicules peuvent être matelassés ou recouverts d'une couche épaisse de paille. Des nattes tissées ou des sacs peuvent être employés sur les plateaux des véhicules. Il ne faut pas placer d'autres charges sur les produits en vrac.



Source: Wilson, J. No date. Careful Storage of Yams: Some Principles to Reduce Losses. (Stockage soigneux des ignames : Quelques principes pour réduire les pertes) London: Commonwealth Secretariat/ International Institute of Tropical Agriculture.

Véhicules ouverts

Il est souhaitable de refroidir les chargements ouverts chaque fois que possible. On peut construire un dispositif de ventilation pour camion pour un véhicule ouvert non réfrigéré en recouvrant la charge lâchement par une bâche et en fabriquant un capteur de vent à partir d'une feuille de métal. L'admission d'air doit être montée à l'avant du plateau et doit être un rien plus haut que la cabine du véhicule. Des vitesses rapides et/ou de longues distances de transport peuvent causer le séchage excessif du produit.

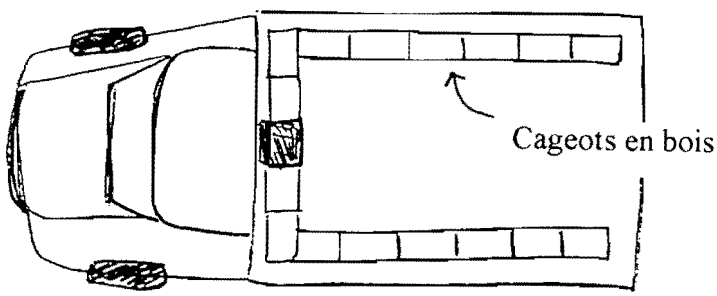


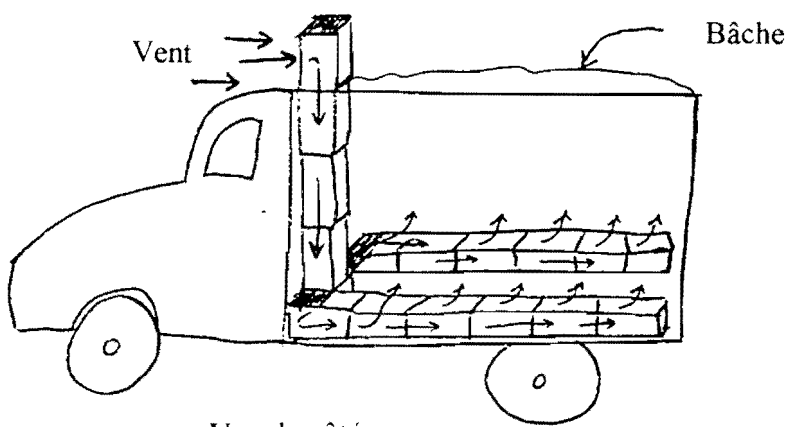
Source: Pantastico, Er. B. 1980. FAO/UNEP Expert Consultation on Reduction of Food Losses in Perishable Products of Plant Origin, (Consultation d'experts sur la réduction des pertes d'aliments pour les denrées périssables d'origine végétale) Working Document 2: Fruits and Vegetables. (6-9 May, Rome:FAO)

Véhicules ouverts/chargements en vrac

Ce système de ventilation a été conçu pour transporter des chargements en vrac de fèves en Iran. Le dispositif d'admission d'air et les conduits sont fabriqués à partir de cageots en bois. On enlève les panneaux latéraux, puis les cageots sont attachés avec du fil de fer de la manière montrée ci-dessous. L'air circule vers le haut pendant le transport, évitant la surchauffe du produit. On utilise aussi ce système pour les camions pick-ups, et pour le transport des légumes verts et des haricots vert. Les meilleurs résultats son obtenus quand le transport est effectué tôt matin, avant le lever du soleil.

Vue du dessus





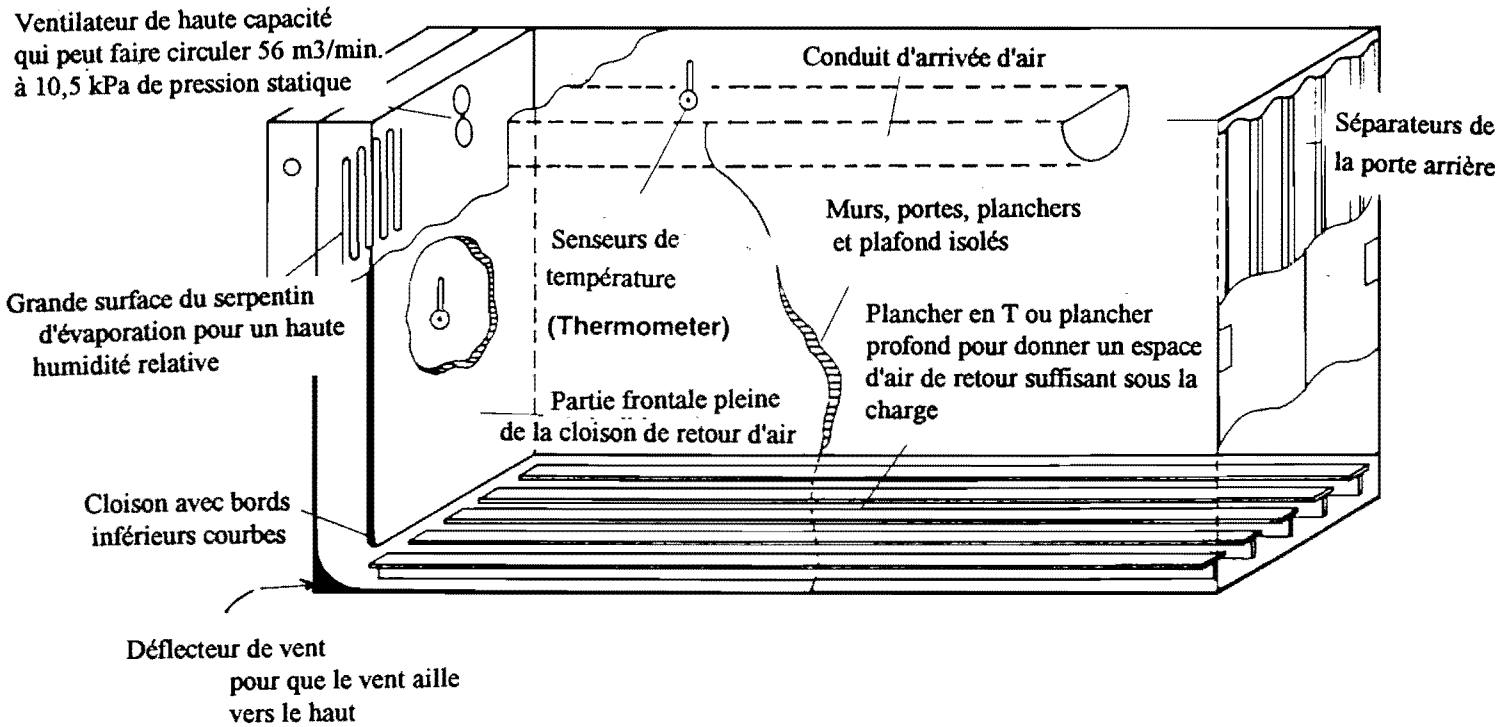
Vue de côté

Source: Kasmire, R.F. 1994. Personal Communication. (Communication personnelle)

Remorques réfrigérées

Pour une gestion optimale de la température de transport, les remorques réfrigérées doivent être isolées, avoir un dispositif de réfrigération de haute capacité et avoir un conduit d'arrivée d'air. L'illustration ci-dessous montre ceci et d'autres caractéristiques désirables pour une remorque avec arrivée d'air par le haut.

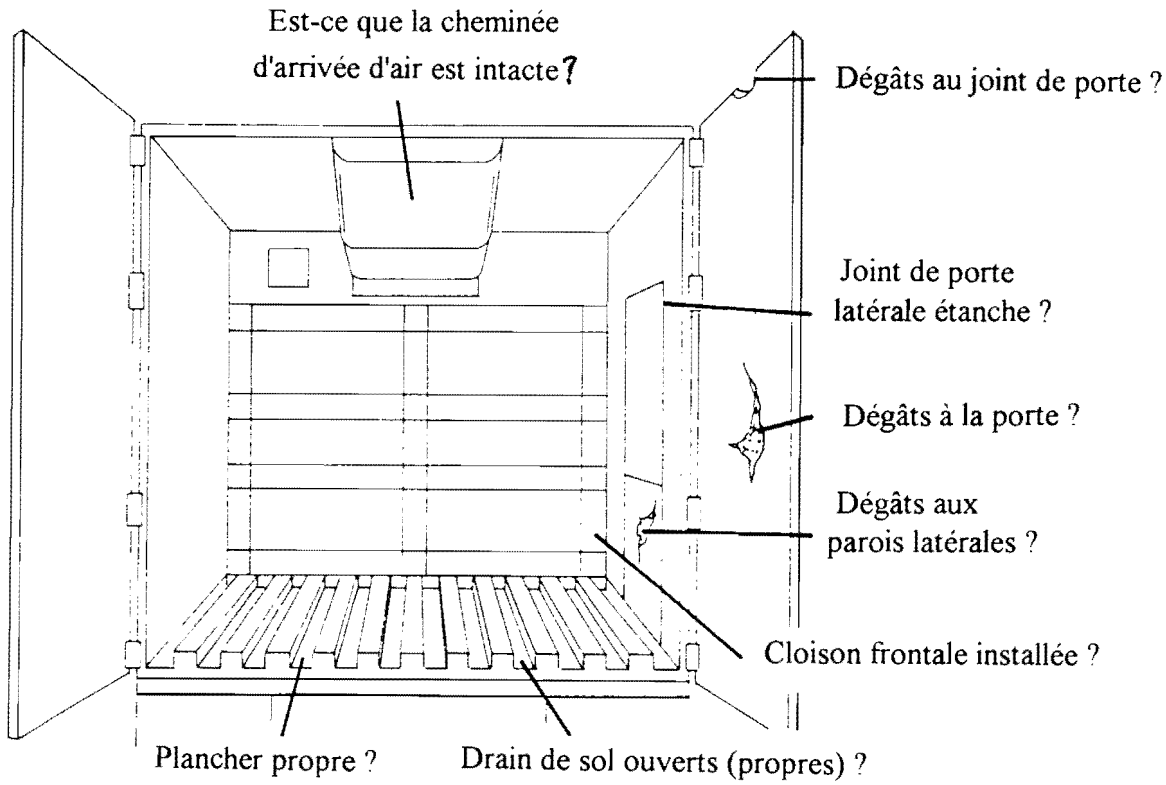
POUR LA MEILLEURE GESTION DES TEMPERATURES DE TRANSPORT;
LES REMORQUES REFRIGEREES DOIVENT POSSEDER CES CARACTERISTIQUES



Source: Kasmire, R.F. and Hinsch, R.T. 1987. Maintaining Optimum Transit Temperatures in Refrigerated Truck Shipments of Perishables. (Maintien de la température de transport optimale pour les expéditions par camion de matières périssables) University of California Perishables Handling Transportation Supplement No. 2.

Remorques réfrigérées

Les conditions de l'intérieur d'une remorque réfrigérée affectent sa capacité à maintenir les températures désirées pendant le transport. Les manutentionnaires doivent inspecter la remorque avant de la charger et vérifier ces caractéristiques :



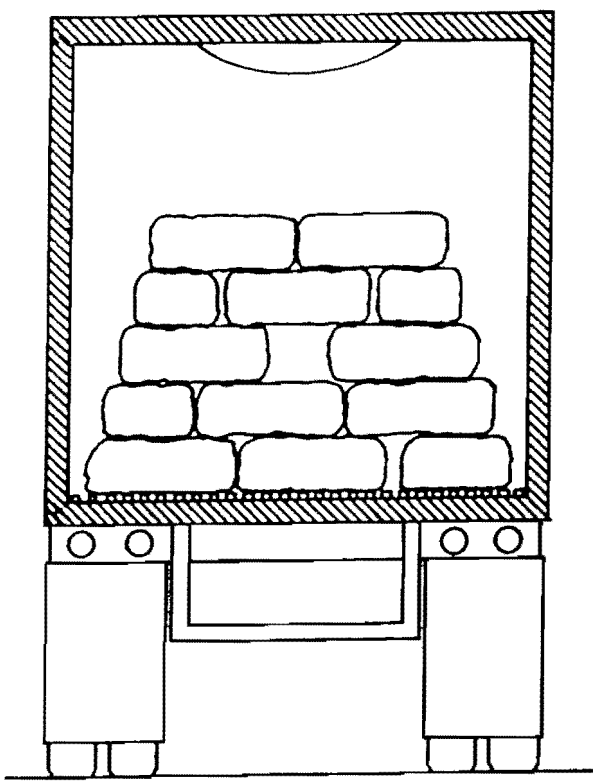
Largeur intérieur suffisante ?
Hauteur intérieure suffisante ?
Hauteur de porte suffisante ?
Barres pour arrimer la charge ?
Remorque refroidie avant le chargement ?
L'appareil de réfrigération fonctionne convenablement ?

Source: Kasmire, R.F. and Hinsch, R.T. 1987. Maintaining Optimum Transit Temperatures in Refrigerated Truck Shipments of Perishables. (Maintien de la température de transport optimale pour les expéditions par camion de matières périssables) University of California Perishables Handling Transportation Supplement No. 2.

Dispositions des piles /Chargement manuel

Pour réduire la conduction de chaleur de l'extérieur du véhicule dans le chargement de produits fermiers, il faut disposer les piles de manière à réduire le contact entre le produit et le plancher et les parois du véhicule.

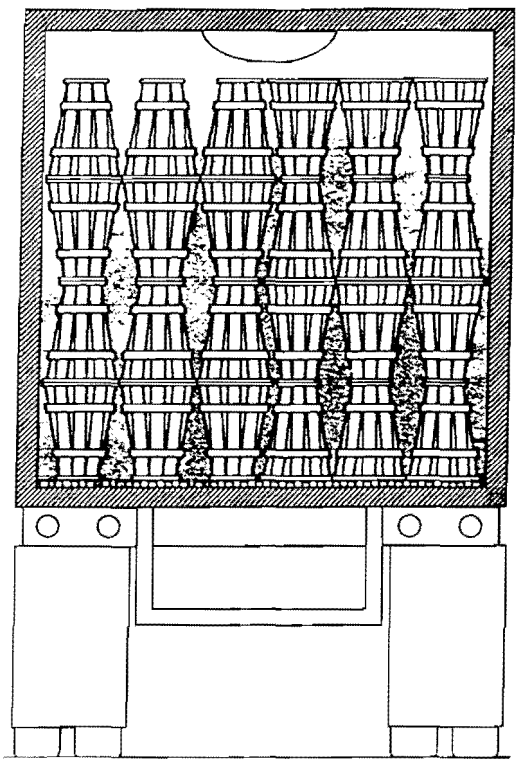
Ci-dessous se trouve une illustration d'empilage en pyramide des sacs à l'intérieur d'une remorque réfrigérée.



Source: Ashby, B. H. et al. 1987. Protecting Perishable Foods During Transport by Truck. (Protection des aliments périssables pendant le transport en camion) Washington, D.C.: USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook No. 669.

Dispositions des piles /Chargement manuel

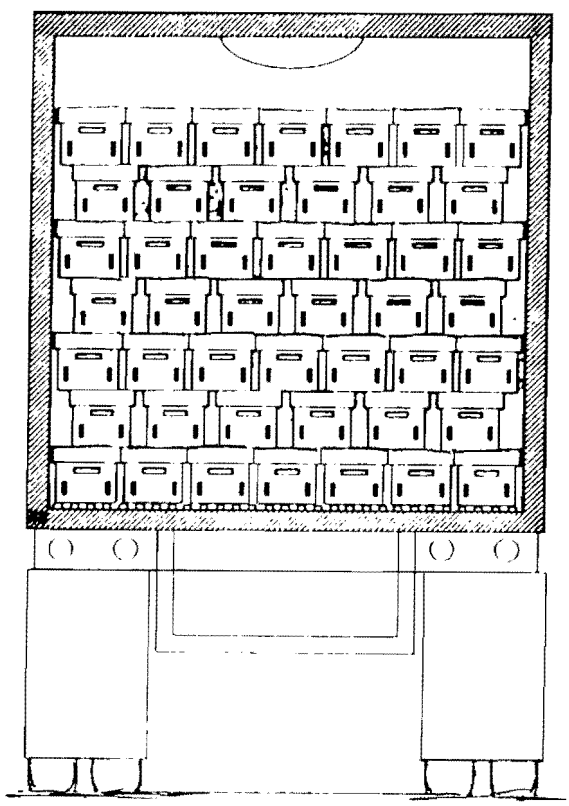
Les grands cageots fermés de fruits et légumes peuvent être chargés en employant une disposition inverse alternée qui laisse beaucoup d'espace pour la circulation de l'air entre les rangées.



Source: Ashby, B. H. et al. 1987. Protecting Perishable Foods During Transport by Truck. (Protection des aliments périssables pendant le transport par camion) Washington, D.C.: USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook No 669

Dispositions des piles /Chargement manuel

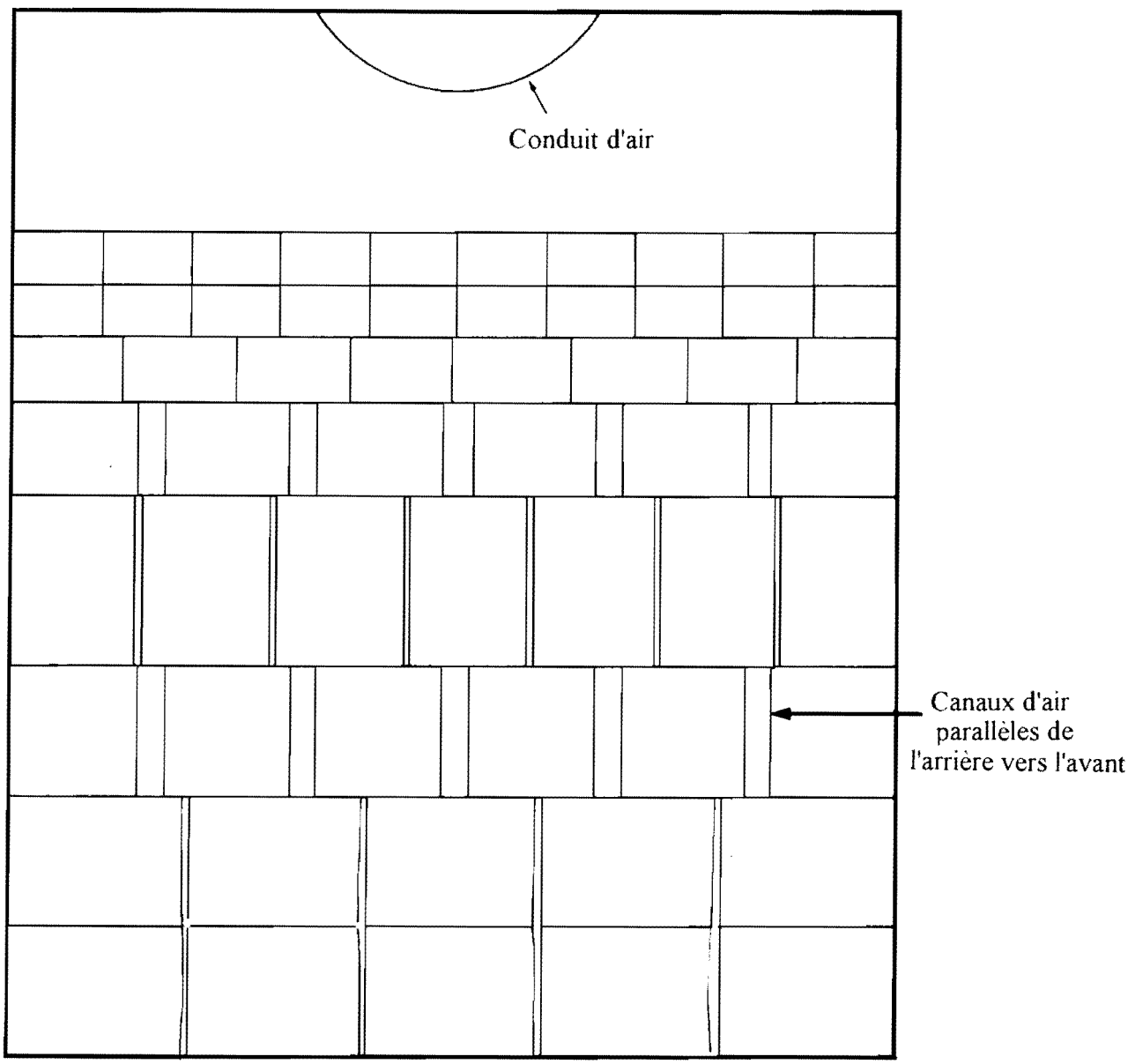
Les fruits et légumes transportés en cartons doivent aussi être empilés de manière à permettre une circulation d'air adéquate à travers la charge. Le diagramme ci-dessous illustre un chargement décalé de récipients partialement télescopiques. Sur le plancher du camion, les palettes ou d'autres supports doivent être employés pour éviter le contact direct des cartons avec le plancher.



Source: Ashby, B. H. et al. 1987. Protecting Perishable Foods During Transport by Truck. (Protection des aliments périssables pendant le transport par camion) Washington, D.C.: USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook No. 669.

Dispositions des piles /Chargement manuel

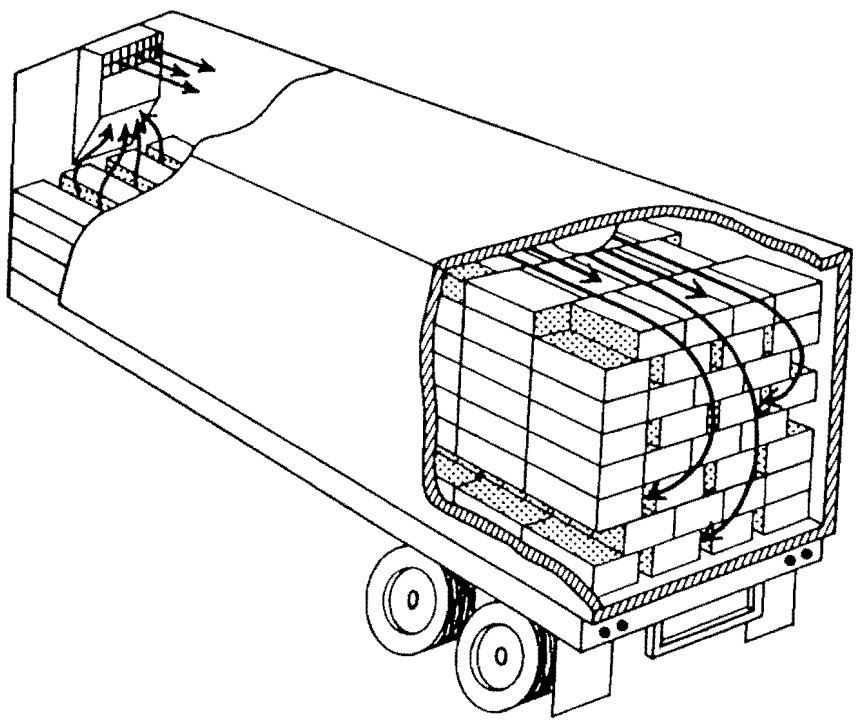
Quand on charge des cartons de tailles différentes ensemble, les récipients les plus grands et les plus lourds doivent être placés dans le fond. Il faut laisser des canaux parallèles pour permettre la circulation de l'air sur toute la longueur du chargement.



Source: Nicholas, C.J. 1985. Export Handbook for U.S. Agricultural Products. (Manuel d'exportation de produits agricoles américains) USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook No. 593

Dispositions des piles/Chargement manuel

Souvent les grands récipients employés pour les fleurs coupées doivent être chargés à la main dans le véhicule de transport. La meilleure disposition pour les fleurs coupées est appelée disposition en cases à pigeon, les boîtes sont empilées en couche alternées ouvertes et complètes, et des canaux sont laissés le long des murs latéraux. Cette disposition fournit des canaux pour la circulation de l'air sur toute la longueur du chargement et permet à chaque boîte d'être en contact direct avec l'air réfrigéré.

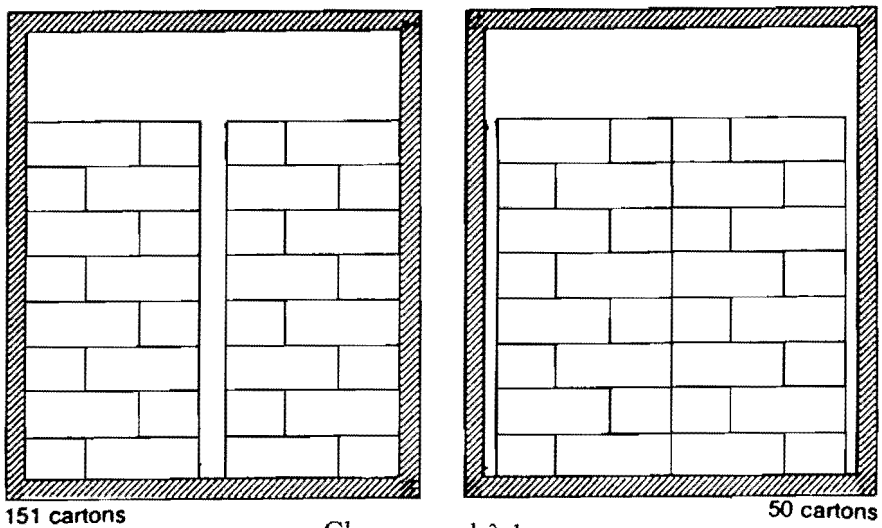


Source: Rij, R et al. 1979. Handling, Precooling and Temperature Management of Cut Flower Crops for Truck Transportation.(Manutention, pré-refroidissement et gestion de la température des fleurs coupées pour le transport en camion) USDA Science and Education Administration, AAT-W-5, UC Leaflet 21058.

Disposition des piles/Chargement sur palettes et sur bâche

Il faut charger les récipients de manière qu'ils soient éloignés des murs latéraux et du plancher du véhicule de transport pour minimiser la conduction de chaleur de l'environnement extérieur. Dans les diagrammes ci-dessous, les nombres de cartons reflètent le nombre de cartons qui seraient en contact avec les murs et avec le plancher du camion à pleine charge.

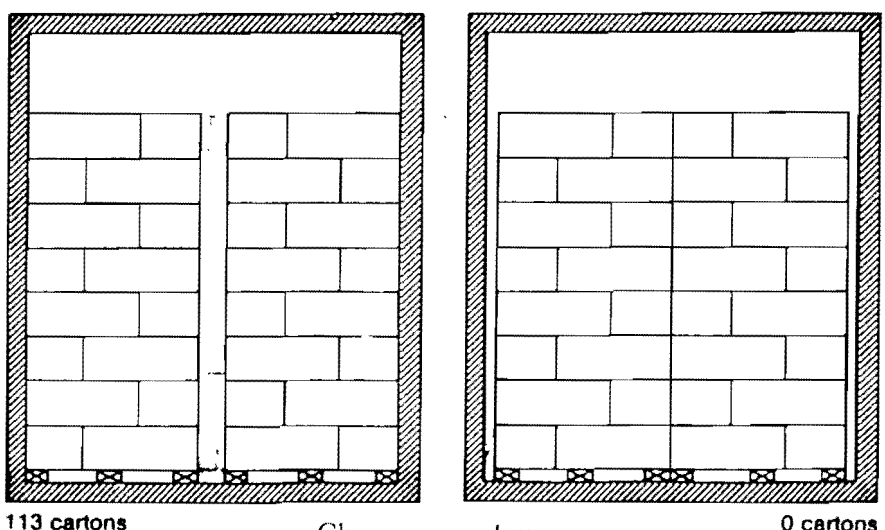
Seule la charge au fond à droite est tout à fait protégée du transfert de chaleur. L'emploi de palettes tient les cartons éloignés du plancher tandis que le chargement central laisse un espace d'isolation entre les palettes et les murs extérieurs.



Charge sur bâches

Charge sur le côté

Charge au centre

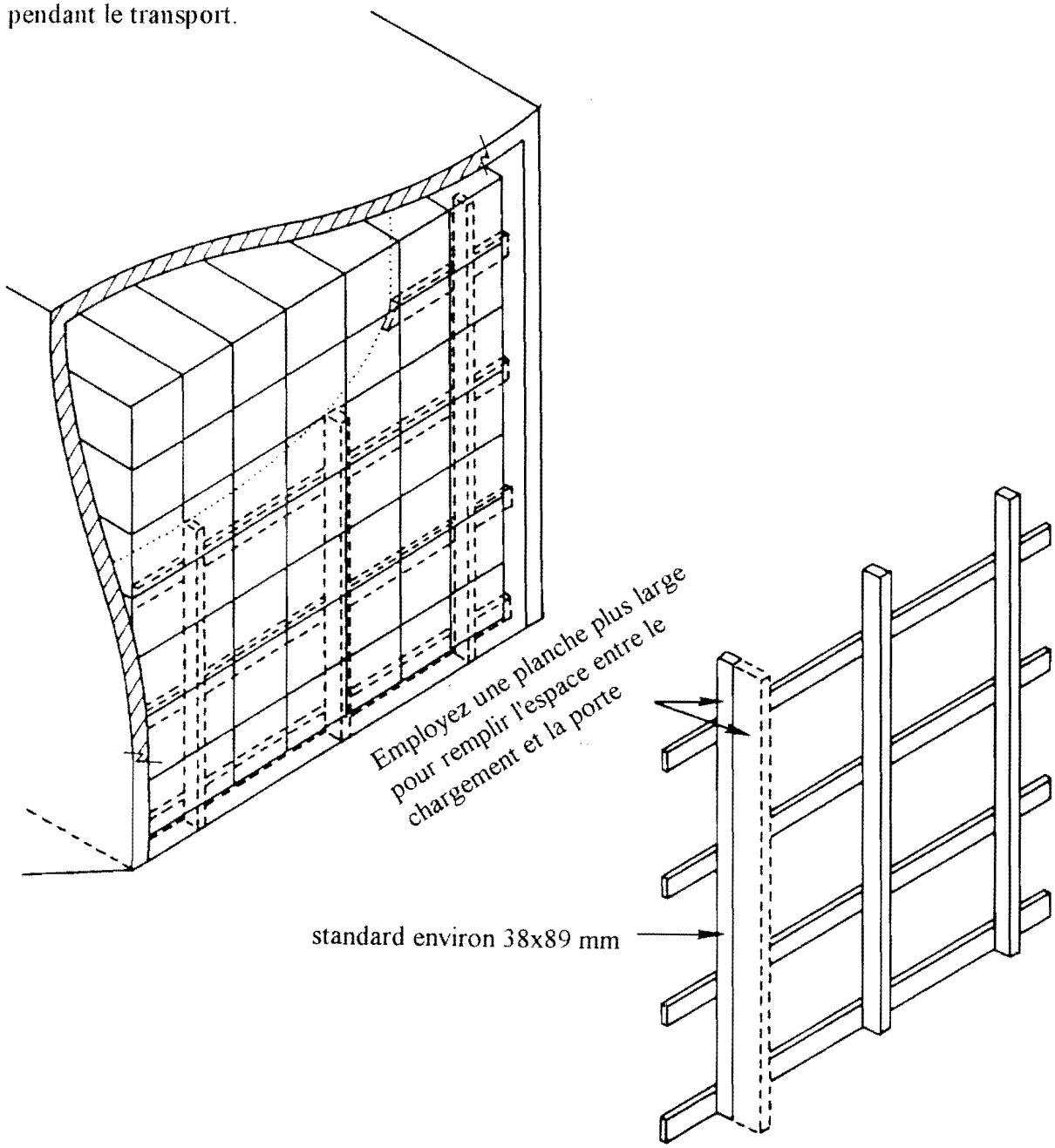


Charge sur palettes

Source: Ashby, B. H. et al. 1987. Protecting Perishable Foods During Transport by Truck. (Protection des aliments périssables pendant le transport en camion) Washington, D.C.. USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook No. 669.

Arrimage du chargement

Il doit toujours y avoir un vide entre la dernière pile de produits fermiers et l'arrière du véhicule de transport. La charge doit être arrimée pour éviter qu'elle ne glisse vers la porte arrière pendant le transport. Si la charge bouge, elle peut bloquer la circulation d'air, et les cartons tombés peuvent présenter un grand danger pour les travailleurs qui ouvrent la porte au marché de destination. Une simple armature en bois peut être construite et installer pou éviter les dégâts pendant le transport.



Source. Nicholas, C.J. 1985 Export Handbook for U.S. Agricultural Products. (Manuel d'exportation des produits agricoles américains) USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook No. 593

Section 9: Manutention à destination

Lors de la manutention des produits fermiers à la destination, il est important d'éviter une manipulation brusque, de minimiser les étapes de manutention et de maintenir les plus basses températures possibles. Si on doit stocker les produits avant de les vendre, il faut que les installations des marchés de gros et de détail aient des entrepôts propres et bien isolés. Comme en général une variété de produits sont manipulés en même temps, il est important de se souvenir de ne pas mélanger ceux qui demandent des températures différentes ni de stocker les produits sensibles à l'éthylène à proximité de ceux qui produisent de l'éthylène. Il faut empiler soigneusement les récipients non-uniformes pour éviter que les emballages plus minces ne soient écrasés.

Avant de vendre les produits fermeirs aux consommateurs, le manutentionnaire peut vouloir trier les produits selon leur qualité, ou au moins jeter ceux qui sont endommagés ou pourris et leur donner une apparence plus attrayante. Si la maturité n'est pas uniforme, le triage à destination peut donner l'occasion de vendre la meilleure qualité à un meilleur prix.

Si les produits manipulés sont des fruits climatériques qui sont récoltés avant d'être mûrs (comme les bananes, les tomates, les avocats, les mangues), le manutentionnaire à la destination peut les laisser mûrir avant de les vendre au public. Quelquefois, on laisse les produits comme les bananes mûrir naturellement à température ambiante. Couvrir les bananes d'une feuille en plastique leur permettra de mûrir plus uniformément (PHTRC, 1984). Le placement d'un simple tube de ventilation (n'importe quel tuyau ou tube) au centre de la pile de fruits qui mûrissent, leur évite de surchauffer pendant le mûrissage et leur assure une plus longue durée de conservation. L'introduction d'éthylène ou de composés dégageant de l'éthylène dans un environnement spécial de stockage (appelé chambre ou armoire de mûrissage, selon la taille) est une manière plus efficace d'assurer le mûrissage uniforme.

Lors de l'étalage des produits horticoles, des couches simples ou doubles de produits protègent mieux les produits des dégâts de compression et d'une trop grande manipulation par les consommateurs. Les températures des tables d'étalage ou des étalages réfrigérés doivent correspondre aux produits vendus. Par exemple, tandis que les poivrons et les tomates ont un aspect plaisant quand on les met avec la laitue, les poivrons et les tomates sont sensibles au froid et la laitue ne l'est pas. Vaporiser les produits qui tolèrent l'eau de surface (la laitue, les brocolis, les oignons verts) avec de l'eau fraîche et propre maintient une haute humidité relative autour des produits.

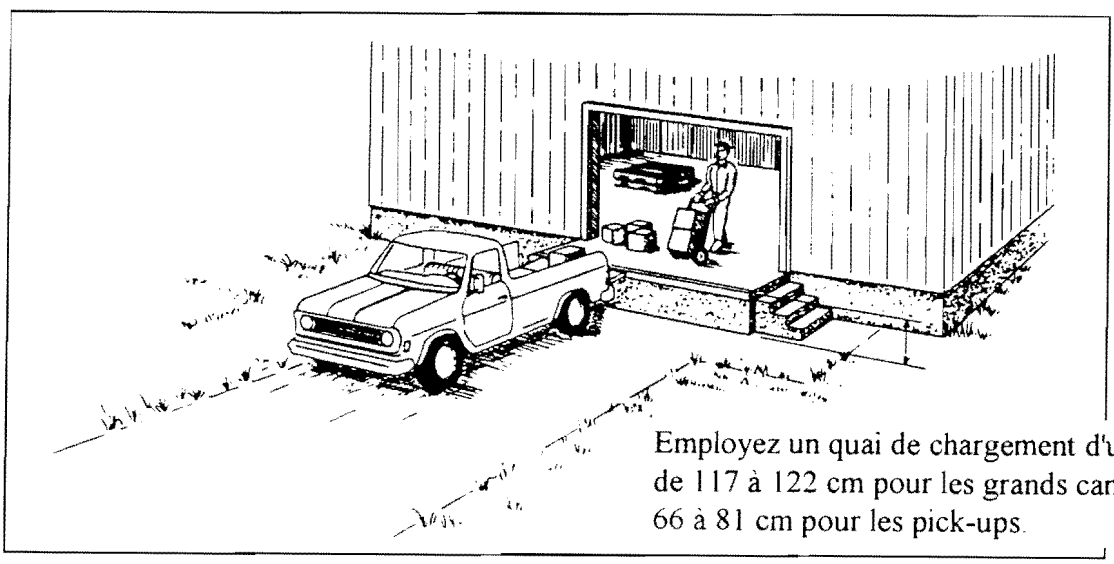
Les marchés à l'extérieur souffrent d'un manque de contrôle de température et sont exposés aux courants d'air qui peuvent causer la dessiccation des produits et provoquera le dessèchement et le flétrissement. Ces marchés peuvent souvent bénéficier de l'emploi accru d'ombre et de protection des vents.

Enfin, le manutentionnaire à la destination peut réduire les pertes futures en maintenant des registres précis des causes de pertes au niveau de gros ou de détail. (Kasmire & Ahrens dans Kader, 1992). Identifier si les pertes sont dues à des dégâts mécaniques, à la pourriture ou des maladies, au degré de maturation (produits trop mûrs) permet au manutentionnaire de mieux communiquer les problèmes de qualité aux fournisseurs de produits fermiers.

Déchargement

Un quai de déchargement peut faciliter le travail de manutention des produits horticoles à destination. Les conteneurs peuvent être transférés plus rapidement et plus facilement.

Pour les grands camions, un quai de chargement de 117 à 122 cm de haut convient le mieux, tandis que pour les petits camions ou les pick-ups, on recommande une hauteur de 66 à 81 cm.

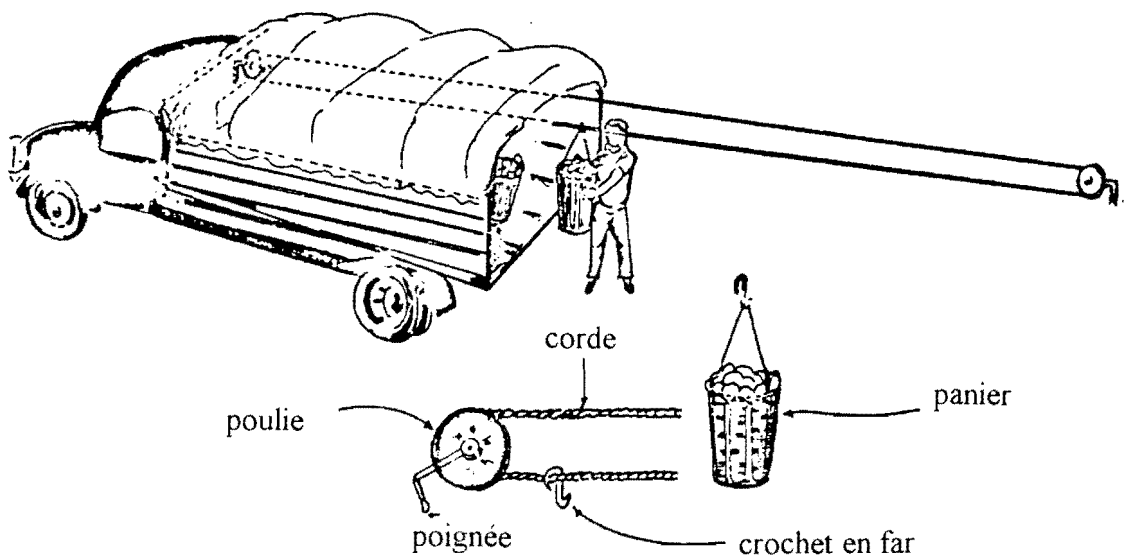


Employez un quai de chargement d'une hauteur de 117 à 122 cm pour les grands camions et de 66 à 81 cm pour les pick-ups.

Source: Selders, A.W. et al. 1992. Facilities for Roadside Markets. (Installations pour marchés en bord de route) Northeast Regional Agricultural Engineering Service/ Cornell University Cooperative Extension.

Déchargement

On peut construire un dispositif simple pour faciliter le travail de déchargement du véhicule de transport en employant deux poulies et une corde solide. On peut monter une poulie à l'intérieur du camion à l'avant du plateau, et la seconde sur un montant portatif ou sur un objet immobile comme le mur d'un bâtiment. Les récipients peuvent être directement suspendus par leur poignée ou placés dans une élingue.

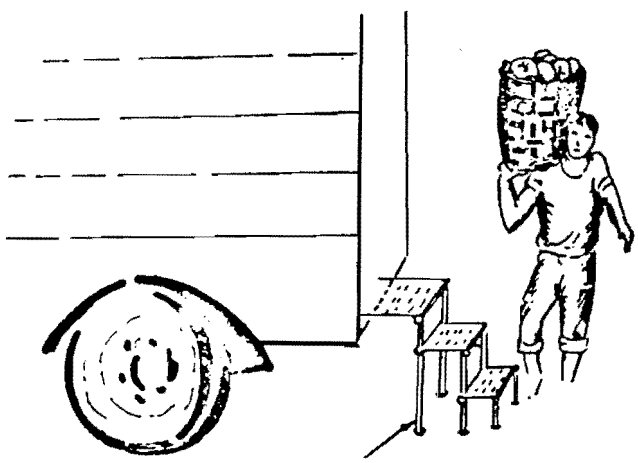


Source: Pantastico, Er. B. 1980. FAO/UNEP Expert Consultation on Reduction of Food Losses in Perishable Products of Plant Origin. (Consultation d'experts sur la réduction des pertes denrées périssables d'origine végétale) Working Document 2: Fruits and Vegetables. (6-9 May, Rome: FAO)

Déchargement

On peut construire un simple escalier pour faciliter le chargement et le déchargement des produits. L'escalier illustré ici peut être replié et remisé à l'arrière du camion quand le véhicule est en mouvement. Les marches peuvent être faites de plaques de bois ou de métal et on peut employer des montants en acier comme supports.

Employer une rampe est une méthode simple et sûre pour le déchargement des produits fermiers. La rampe doit être assez large pour éviter les accidents et assez solide pour supporter le poids du débardeur plus le poids de son fardeau. Des chariots peuvent faciliter le travail de déchargement.



supports en barre d'acier

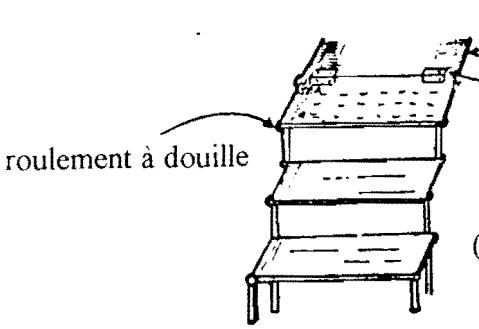


plate-forme rivetée

charnières

roulement à douille

vue frontale de l'escalier

(plaque en acier ou en bois)

Source: Pantastico, Er. B. 1980. FAO/UNEP Expert Consultation on Reduction of Food Losses in Perishable Products of Plant Origin. (Consultation d'experts sur la réduction des pertes denrées périssables d'origine végétale) Working Document 2: Fruits and Vegetables. (6-9 May, Rome: FAO)

Températures de stockage

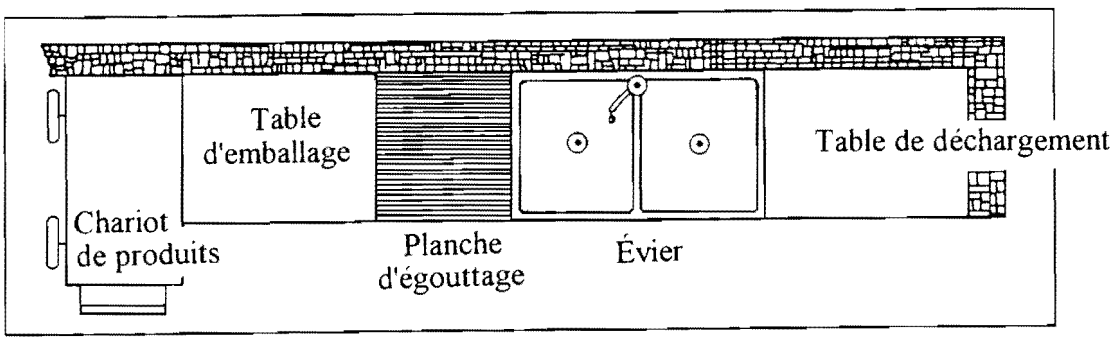
Quand il garde le produit à destination pendant une courte période avant sa commercialisation, le manutentionnaire peut améliorer le maintien de la qualité et réduire les pertes en stockant les produits à leur meilleure température. Cependant, si la période de stockage est de 5 jours ou moins, que l'humidité relative est maintenue entre 85 et 95%, et que le niveau d'éthylène est tenu à moins de 1 ppm par ventilation ou par l'emploi d'un épurateur, la plupart des produits peuvent être regroupés dans une des trois catégories suivantes.

	0-2°C	7-10°C	16-18°C
LÉGUMES et MELONS	ail artichaux arugula asperges bok choy broccoli cantaloupes carrottes céleri céleri-rave champignons chicory chou chou-fleur échalotes endives épinards les herbes laitue maïs menthe navets oignons verts persil petits chous petits pois radis/daikon raifort rhubarbe	aubergines basil concombres courges d'eté haricots verts kiwano melon — Juane Canary paprika pastèque piments tomatillo	citrouilles courges d'iver dasheen/taro gingembre ignames jicama manioc melons (Crenshaw, Casaba, Honeydew, Persian) oignons secs patates douces pommes de terre racines de manioc tomates mûrs
FRUITS	abricots avocats mûrs cerises dattes figues fraises framboise nectarines pêches poires pommes prunes raisins	ananas avocats, mûr-verts carambola feijoa grenades mandarines olives oranges pamplemousse pepino tangelo tangerines	bananes cherimoya citrons limons mangosteen mangues noix de coco papaya plantains rambutan soursop

Source: Thompson, J.F. and Kader, A.A. 1995. Postharvest Outreach Program, (Programme de vulgarisation post-récolte) Univ. of California, Davis.

Triage/emballage

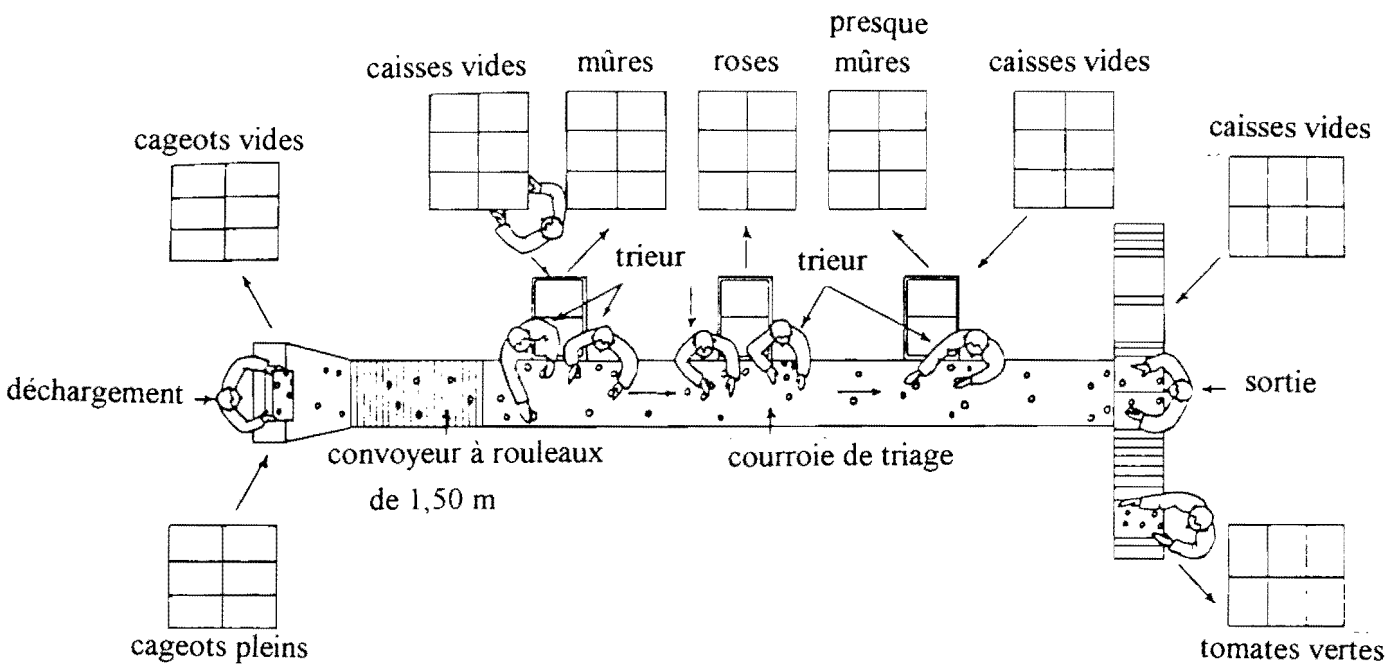
Il peut falloir laver, parer, mettre en bottes ou trier certains produits au niveau de vente en gros ou au détail. La disposition de la station de travail pour la manipulation des produits à destination doit être organisée de manière à minimiser les mouvements improductifs. Dans l'illustration ci-dessous, une table de déchargement est située à côté d'un évier pour laver le produit et une planche d'égouttage est placée juste à côté de l'évier. Une fois le produit sec, les cartons peuvent être remplis et placés sur un chariot situé juste à droite de la table d'emballage. Cette disposition permet à un opérateur seul d'effectuer facilement toutes les étapes de manutention et plusieurs personnes peuvent travailler côte à côte.



Source: Selders, A.W. et al. 1992. Facilities for Roadside Markets. (Installations pour marchés en bord de route) Northeast Regional Agricultural Engineering Service/ Cornell University Cooperative Extension.

Triage/emballage

Un changement de qualité ou un mûrissage non-uniforme peuvent forcer le marchand en gros ou au détail à ré-emballer certains produits. La table de triage des tomates illustrée ci-dessous peut être employée par 5 trieurs qui choisissent les tomates mûres, roses ou presque mûres et laissent passer les tomates vertes. Les fruits rejetés sont placés dans des seaux sous la table.



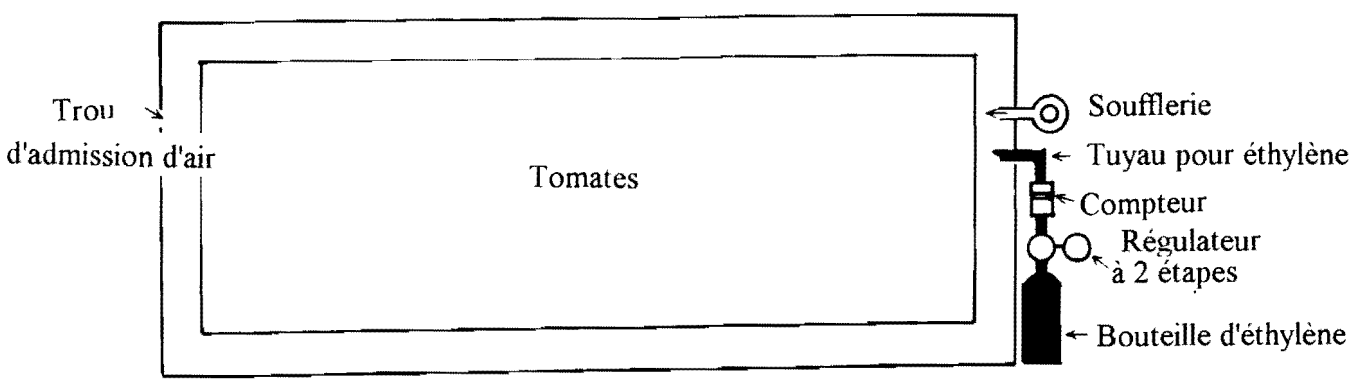
Source: USDA. No date. Tomato repacking methods and equipment. (Méthodes et équipement de conditionnement des tomates) USDA Marketing Service, Transportation and Facilities Research Division, Marketing Research Report No. 597

Mûrissage

Certains produits doivent mûrir avant la vente en gros ou au détail. Des chambres de mûrissage sont souvent utilisées pour les tomates, les agrumes et les bananes. L'emploi de mélange gazeux d'éthylène dilué est plus sûr que l'emploi d'éthylène pur qui est explosif et inflammable à des concentrations de 3% ou plus.

Pour les tomates, l'éthylène de qualité technique est introduit dans la pièce à une concentration d'environ 100 ppm pendant 48 heures. Environ 25 cm3/heure d'éthylène sont nécessaires par mètre cube de volume de la chambre de mûrissage. On peut employer un petit ventilateur pour assurer le flux uniforme et continu d'éthylène dans la pièce. On emploie de plus en plus le mûrissage par ventilation forcée pour apporter des températures et des concentrations d'éthylène plus uniformes dans la chambre de mûrissage.

Gazage à flux continu :



Source: Kasmire, R.F. 1981. Continuous flow ethylene gassing of tomatoes. (Gazage des tomates par flux continu d'éthylène) California Tomatorama. Fresh Market Tomato Advisory Board Information Bulletin No. 29.

On peut aussi initier le mûrissage en employant de l'éthylène généré par la circulation d'éthanol sur un lit d'alumine activée. Cette méthode est moins dangereuse que l'emploi d'éthylène pur. Les composants générant l'éthylène comme l'éthéphon [acide phosphonique (2- chloroéthyle)] sont quelquefois employés pour faire mûrir les tomates destinées aux conserveries. Quand on emploie l'éthéphon pour vaporiser, la quantité d'éthylène dégagée augmentera en même temps que le pH et/ou l'humidité relative.

Source: Kays, S.J. and Beaudry, R.M. 1987. Techniques for inducing ethylene effects. (Techniques pour induire les effets de l'éthylène) Acta Horticulturae 201:77-115.

Mûrissage

Le tableau ci-dessous montre les températures typiques de conservation et de mûrissage pour quelques produits que l'on peut faire mûrir.

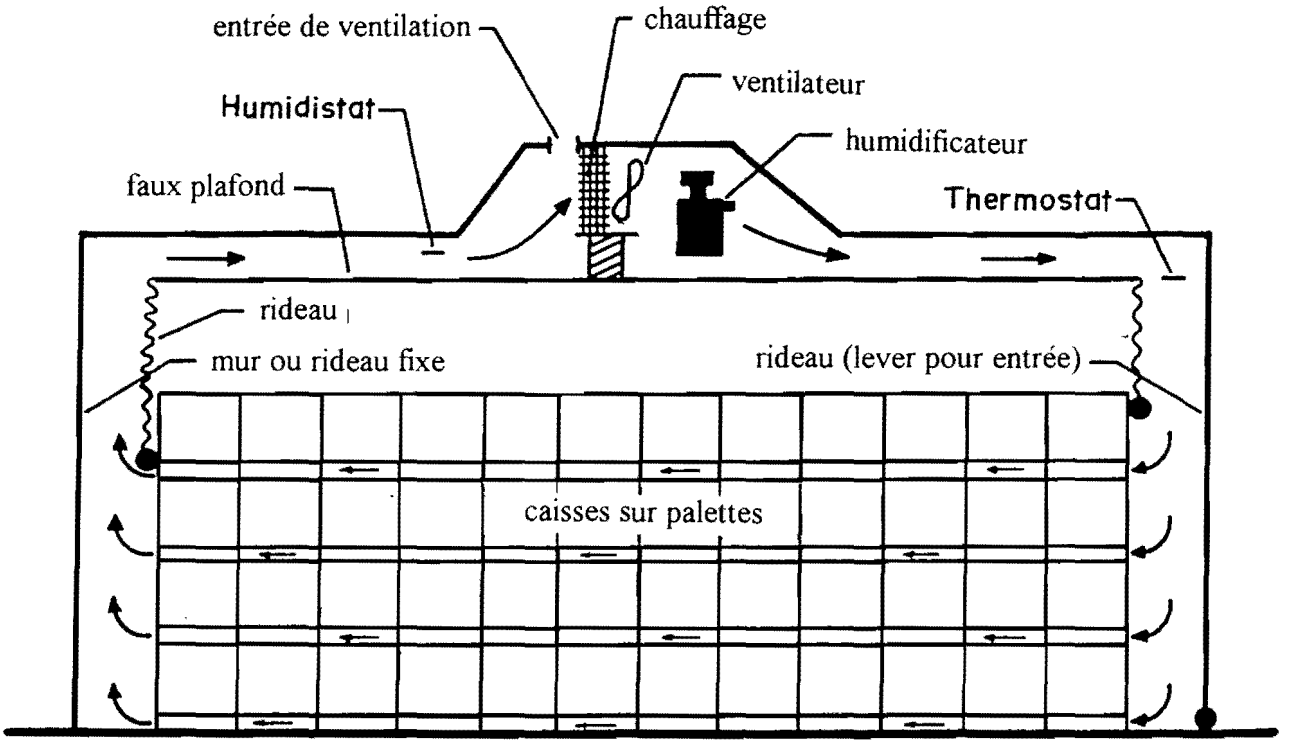
Conditions de mûrissage

Produit	Respiration (mg C02/kg-h)	Éthylène (ppm)	Éthylène temps d'exposition	Température de mûrissage °C
banane	25-110	100-150	24 heures	15-18
mangue	40-200	100-150	12-24	13-14
fruit à noyau	12-81	10-100	12-72	13-25
tomate	24-44	100-150	24-48	20-25
orange (perte de couleur verte)	22-34	1-10	24-72	20-22

Source: Thompson, J.F. 1994. Ripening facilities. (Installation de mûrissage) Perishables Handling Newsletter, Nov. 1994. Special Issue No. 80: 5-8.

Mûrissage

L'illustration suivante est une chambre de mûrissage pour les agrumes en caisses sur palettes. Le plafond de la pièce est assez haut, permettant des piles de 4 boîtes de haut. On a ajouté un faux plafond pour permettre une bonne circulation de l'air à travers la pièce. Pour de plus amples informations sur la construction de la chambre, la gestion de la température et de l'humidité relative, référez-vous à l'article intitulé "Ripening Facilities" (Installations de mûrissage) (Thompson, 1994) à la section de référence de ce manuel.



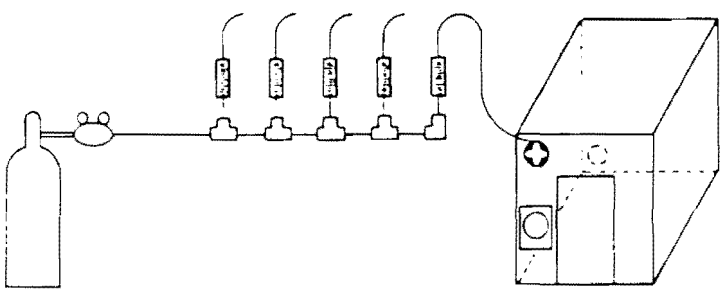
Source: USDA. No date. Modernizing Handling Systems for Florida Citrus from Picking to Packing Line. (Modernisation de système de manutention for les agrumes de Floride de la récolte au conditionnement) Agricultural Research Service, Marketing Research Report No. 914.

Mûrissage

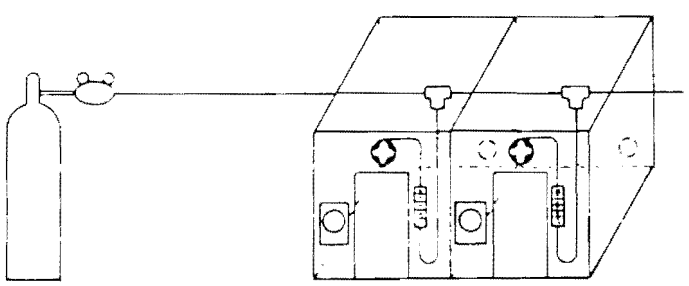
Pour les petits exploitants, plusieurs petites chambres de mûrissage peuvent être plus utiles qu'une seule grande pièce, puisque la quantité de produits à destination peut varier. Dans ce cas, on peut construire de systèmes de circulation pour permettre l'emploi d'une ou plusieurs chambres en même temps.

On peut rassembler les compteurs dans un seul endroit pour faciliter leur surveillance ou ils peuvent être placés en ligne. L'emplacement des compteurs en un seul endroit demande plus de tuyauterie que s'ils sont situés chacun dans une chambre de mûrissage. Pour de plus amples informations et détails pour établir un système à circulation pour faire mûrir les fruits, voir Sherman et Gull (1981).

Compteurs dans un seul emplacement :



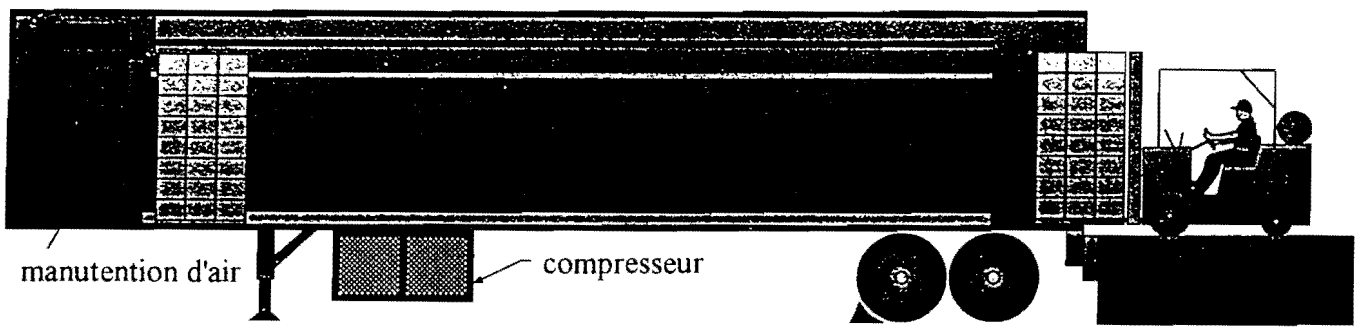
Compteurs situés dans chaque chambre de mûrissage :



Source: Sherman, M. and Gull, D.D. 1981. A flow through system for introducing ethylene in tomato ripening rooms. (Un système à circulation pour introduite l'éthylène dans les chambres de mûrissage des tomates) University of Florida/IFAS, Vegetable Crops Fact Sheet 30.

Mûrissage

Les petits exploitants peuvent louer des installations de mûrissage portatives auprès d'une variété de compagnies aux États-Unis. Le système portatif, de petite taille illustré ci-dessous a une capacité de 20 palettes, une grande capacité de circulation d'air et est facile à employer. Il suffit d'avoir un quai de chargement et une alimentation électrique de 220 V.



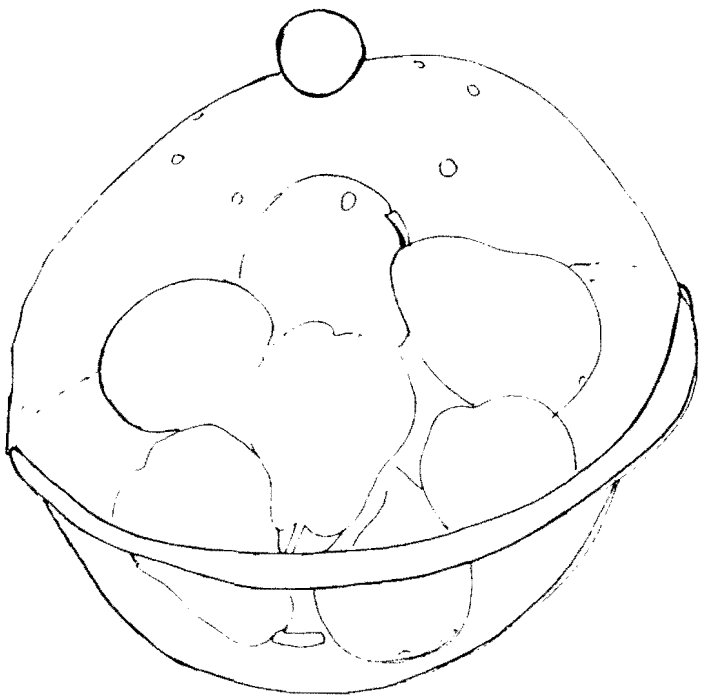
Source: Modular Ripening Company, Inc. 1994. Norfolk, Virginia.

Mûrissage

Les petits revendeurs en gros et les détaillants peuvent faire mûrir les fruits dans des bacs ou dans de grands cartons en plaçant une petite quantité de produit générant de l'éthylène comme des bananes mûres, avec les produits qui doivent mûrir. Couvrez le bac ou le carton d'une feuille en plastique pendant 24 heures, puis enlevez-la.

Une façon simple de faire mûrir les fruits en petites quantités à maison est de les mettre dans un bol de mûrissage. Placez les fruits qui doivent mûrir dans un bol avec une pomme ou une banane mûre (ou n'importe quel autre fruit générant de l'éthylène). Le bol montré ci-dessous est en plastique transparent moulé et avec des trous de ventilation au-dessus. En employant cette méthode il faudra de 1 à 4 jours pour faire mûrir les fruits.

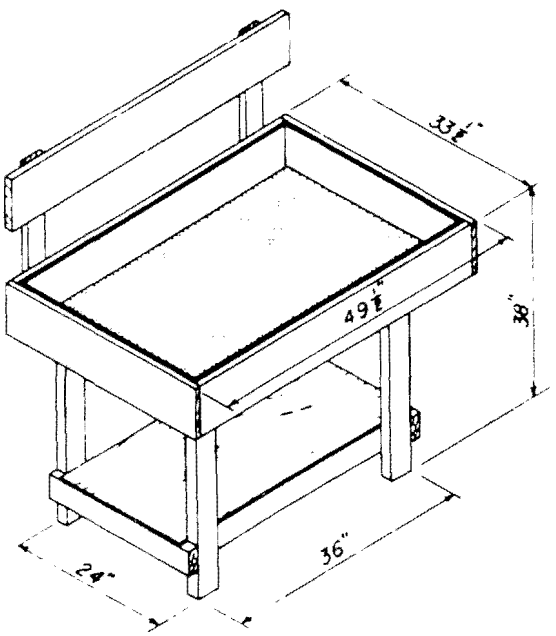
Le mûrissage à la maison est aussi possible par l'emploi d'une autre méthode très simple - placez les fruits qui doivent mûrir dans un sac en papier avec un fruit mûr, fermez et vérifiez après quelques jours.



Étalage

Cette table d'étalage en bois est destinée à des produits tels que les crucifères ou les légumes à feuilles qui tolèrent le refroidissement par la glace. On peut employer la table horizontalement ou légèrement inclinée. Pour les spécifications complètes, contactez le Cornell University Extension Service, 304 Riley-Robb Hall, Ithaca, New York, 14853.

Environ deux kilos de glace pilée par jour par O,1 m² (environ 30 cm sur 30 cm) d'étalage sont nécessaire pour le refroidissement. Il faut placer un seau pour recueillir l'eau de fonte. Pour minimiser les besoins en glace, il faut isoler le plateau d'étalage et le tenir à l'abri de soleil.

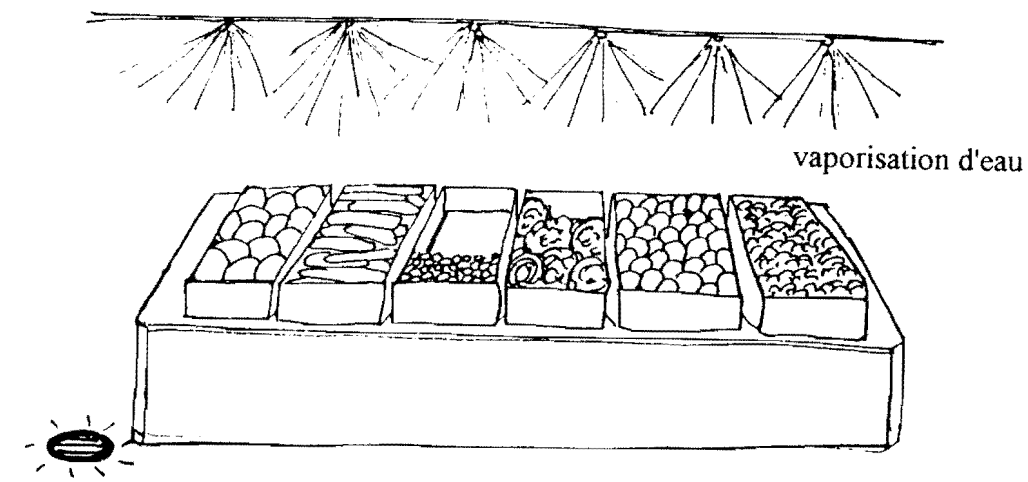


33 ½" = 85 cm
49 ½" = 125 cm
38 " = 96 cm
36" = 91 cm
24" = 61 cm

Source: Bartsch, J.A. et al. No date. Construction and management of an iced produce display. (Construction et gestion d'un étalage glacé de produits fermiers) Cornell University, Agricultural Engineering Extension Bull. 438.

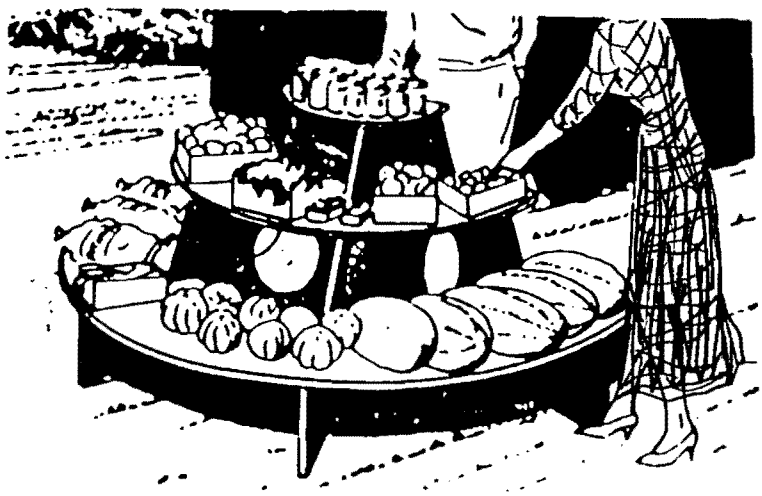
Étalage

On peut maintenir une haute humidité relative à l'étalage en vaporisant les légumes à feuilles et les produits qui tolèrent l'eau avec de l'eau propre et fraîche. On peut construire un simple arroseur en perçant un tuyau de petits trous et en le connectant à un tuyau d'eau. Si on emploie l'étalage à l'extérieur, il faut qu'il soit à l'ombre.



Étalage

On peut construire une simple table d'étalage semi-circulaire à partir d'une feuille de contre-plaqué de 1,25 m sur 2,50 m. Les plans de la table illustrée ci-dessous et d'autres stands de marché sont disponibles auprès de la Cornell University Extension, 304 Riley-Robb Hall, Ithaca, New York 14853.



Source: Agricultural and Biological Engineering. No date. Description and Price List of Plans for Storages and Market Stands for Fruit and Vegetables. (Description et liste de prix des plans pour stands de stockage et de marché pour fruits et légumes) Cornell University Extension Bulletin 851-S.

Section 10: Transformation des produits horticoles

Quand les conditions ne sont pas favorables au stockage ou à la vente immédiate des produits fermiers frais, de nombreux produits horticoles peuvent être transformés en employant des technologies simples. Il existe quelques méthodes de transformation qui peuvent être employées par les petits exploitants, y compris la dessiccation, la fermentation, la mise en conserve, la surgélation, et l'extraction de jus. Les fruits, les légumes et les fleurs peuvent tous être séchés et stockés pour un usage ou une vente futurs. La fermentation est populaire à travers le monde comme méthode de conservation des aliments, et plus de 3.500 aliments fermentés ont été décrits par Campbell-Platt (1987). Les fruits et légumes peuvent être mis en boîte ou surgelés et les fruits peuvent être conservés au sucre ou on peut en faire du jus.

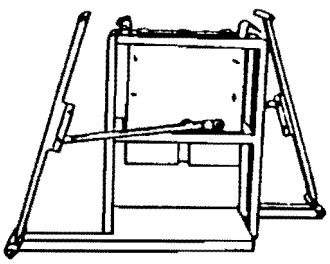
"Intermediate Technology Publications"* en association avec CTA a publié un guide de l'équipement approprié intitulé Small-Scale Food Processing (Transformation des aliments pour petits exploitants) (1992) par Fellows and Hampton. Nous vous conseillons d'employer ce manuel pour trouver de plus amples informations sur les procédés décrits ou pour localiser l'équipement ou des fabricants locaux.

* Intermediate Technology Publications, 9 King Street, London WC2E 8HW, UK

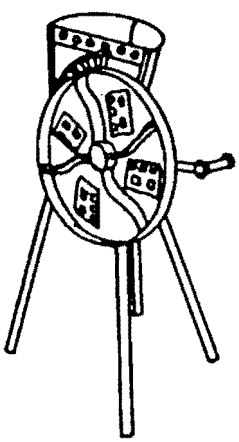
Équipement de transformation

Un catalogue de l'équipement de transformation post-récolte est disponible auprès de "Intermediate Technology Publications". On y trouve des séchoirs, des récipients de conservation, des nettoyants, des moulins, des égreneuses, des décortiqueuses (enlèvent les graines), de l'équipement pour la fabrication d'huile, des coupeurs/grattoirs de racines et tubercules. Quelques exemples se trouvent ci-dessous.

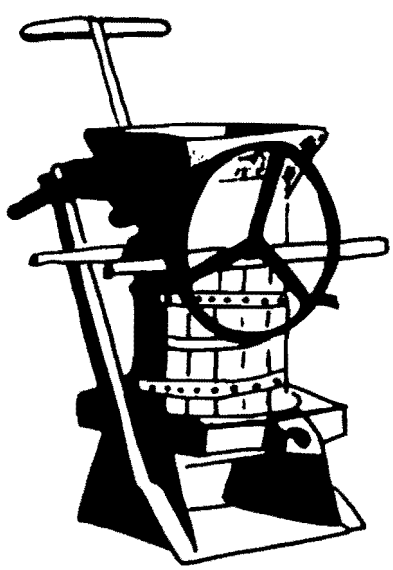
Grattoir à manioc pour deux personnes :



Hacheur de racines à quatre lames :



Presse à fruit manuelle :



Source: Intermediate Technology Publications, 1987. Post-harvest Crop Processing: Some tools for agriculture. (Transformation post-récolte de la récolte : Quelques outils pour l'agriculture) Intermediate Technology Publications. London, England. 29 pp.

Préparation pour la transformation

Il faut blanchir certains légumes avant la congélation ou la dessiccation, et les fruits comme les pommes, les poires, les pêches et les abricots sont quelquefois traités au soufre avec d'être séchés. Blanchir dans un bain d'eau bouillante ou à la vapeur, met fin à certaines réactions enzymatiques dans le produit et permet une meilleure rétention de la couleur et du goût après la transformation. Le soufrage [faites brûler une cuillerée de poudre de soufre par livre (35 ml par kg) de fruits ou faites tremper les fruits dans une solution de métasulfite de potassium pendant une minute] empêche le noircissement, la perte de goût et la perte en vitamine C.

Temps de blanchiment pour certains produits (employez 8 litres d'eau par kg de produit) :

Produit	Temps de blanchiment à l'eau bouillante (minutes)
Brocolis	3
Haricots verts	3
Chou (morceaux)	5
Carottes	5
Chou-fleur	3 (ajoutez 4 petites cuillers de sel)
Maïs	7
Aubergines	4 (ajoutez 1/2 tasse de jus de citron)
Légumes feuillus	2
Champignons	3 à 5
Petits pois	2
Pommes de terre (nouvelles)	4 à 10
Citrouille	jusqu'au moment où elle est tendre
Courgettes/pâtissons	3

Source: Chioffi, N. and Mead, S. 1991. Keeping the Harvest. (Conserver la récolte) Pownal, Vermont: Storey Publishing.

Temps de soufrage pour certains fruits

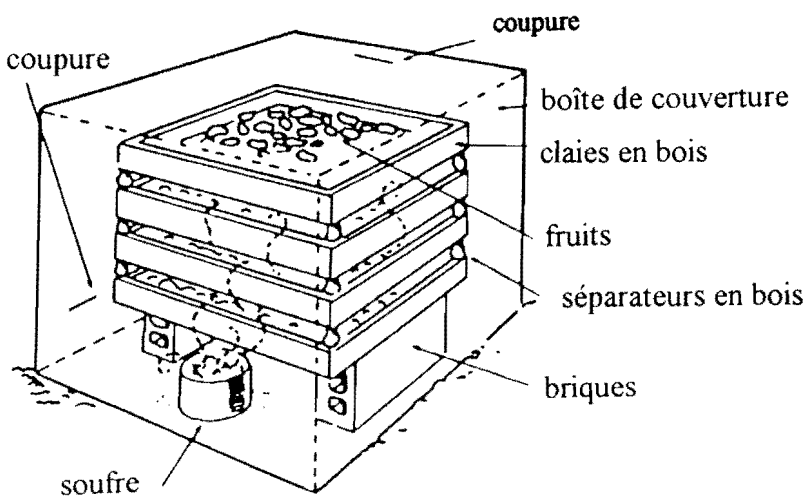
Produit	Temps de soufrage
Pommes	45 minutes
Abricots	2 heures
Pêches	3 heures
Poires	5 heures

Source: Miller, M. et al. 1981. Drying Foods at Home. (Séchage des aliments à la maison) University of California, Division of Agricultural Science, Leaflet 2785.

Préparation pour la transformation

On peut construire une boîte de soufrage peu coûteuse à partir d'une grande boîte en carton que l'on perce en plusieurs endroits pour permettre une bonne ventilation. Des claies de séchage peuvent être empilées en employant des espaceurs en brique ou en bois. Les claies doivent être complètement en bois car les vapeurs de soufre corrodent le métal. L'ensemble doit être placé à l'extérieur, de préférence à même le sol nu.

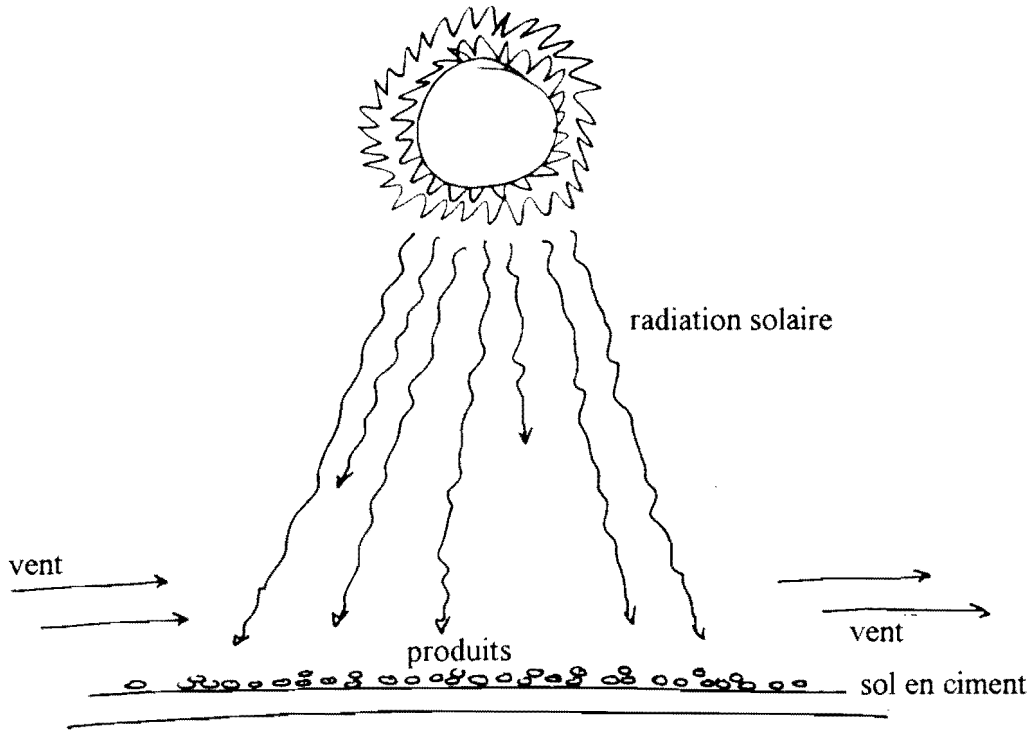
Employez une cuillerée à soupe de soufre par livre (35 ml par kg) de fruits. Placez le soufre dans un récipient à l'écart des parois de la boîte car il deviendra très chaud. Scellez les bords inférieurs de la boîte avec de la terre.



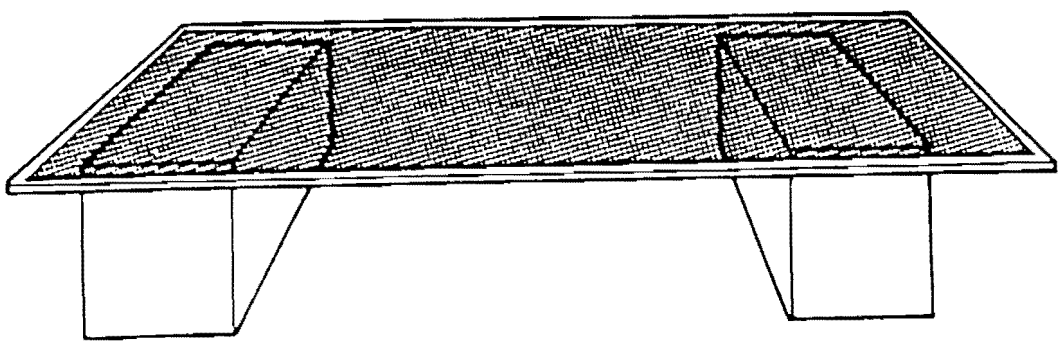
Source: Miller, M. et al. 1981. Drying Foods at Home. (Sécher les aliments à la maison) University of California, Division of Agricultural Science, Leaflet 2785.

Séchage solaire

Les produits horticoles peuvent être séchés par radiation solaire directe ou indirecte. La méthode la plus simple pour la dessiccation solaire est de poser les fruits et légumes directement sur une surface plane noire et de laisser le soleil et le vent sécher la récolte. Les fruits-graines peuvent être très bien séchés de cette manière.

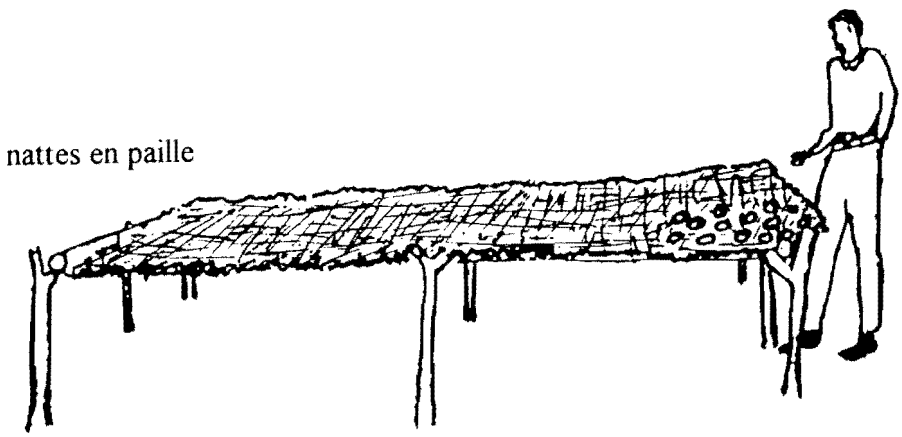


Des séchoirs directs simples peuvent être construits à partir de plateaux en grillage pour moustiquaire fixés sur des blocs en béton ou en bois pour permettre à l'air de circuler sous le produit. Une couche d'étamine peut recouvrir lâchement le produit pour le protéger des insectes et des oiseaux quand il sèche.



Séchage solaire

Une méthode simple pour la dessiccation solaire est de construire une plate-forme surélevée en bois et de recouvrir lâchement le cadre de nattes tissées. Dans l'illustration ci-dessous, on fait sécher des tomates fraîches coupées en tranches directement au soleil sur des nattes en paille. L'air peut passer au-dessus et en dessous des tomates, accélérant le séchage et réduisant les pertes dues à la surchauffe.



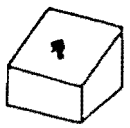
Source: Kitinoja, L. 1992. Consultancy for Africare/ USAID on food processing in the Ouadhai, Chad, Central Africa. Extension Systems International, 73 Antelope Street, Woodland, California 95695.

Séchage solaire

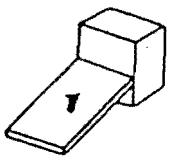
Pour améliorer l'efficacité de la dessiccation, il faut employer une sorte de structure qui capte la radiation solaire. Plusieurs types de séchoirs solaires ont été mis au point et sont illustrés ci-dessous.

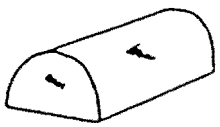
Dessiccation solaire -- description des types de séchoirs

Armoire directe : la chambre de séchage est émaillée et on n'emploie pas de collecteur solaire séparé.



Armoire indirecte : Le collecteur solaire est séparé de la chambre de séchage.

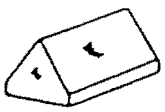




Tunnel direct : En général une structure avec un cadre en cerceau recouvert d'une ou deux épaisseurs de film plastique.

Tunnel bas : Séchoir direct semblable à ci-dessus mais construit près du sol, en général ne peut contenir qu'une seule couche de produit.

Tente : Séchoir direct avec un cadre droit plutôt que courbé.



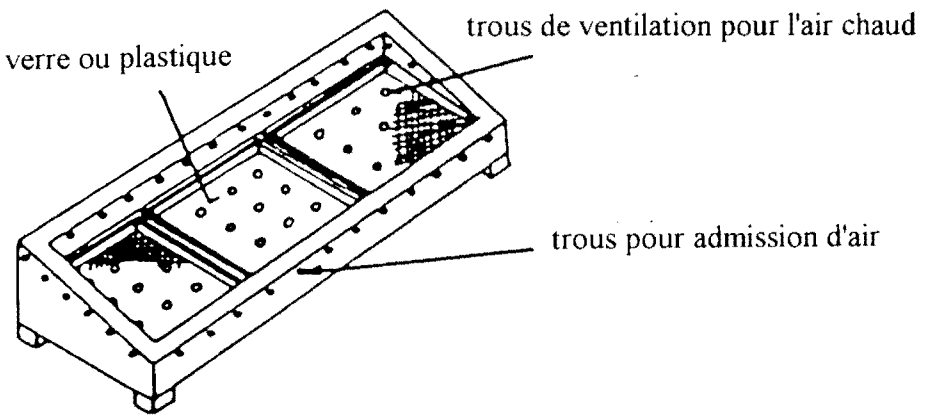
Bac : Séchoir indirect avec courant d'air forcé par convection, qui peut sécher des couches épaisses de produit (300 mm ou plus).

Source: Fuller, R.J. 1993. Solar Drying of Horticultural Produce: Present Practice and Future Prospects. (Dessication solaire des produits horticoles, méthodes actuelles et perspectives futures) Postharvest News and Information 4(5): 131N-136N.

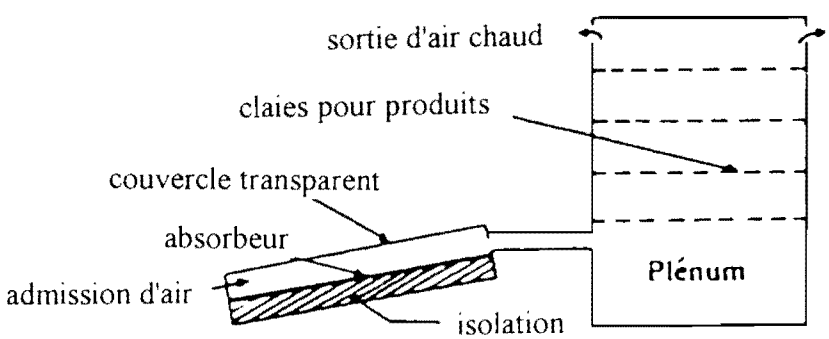
Séchage solaire

Les modèles de séchoirs solaires plus complexes ont des fenêtres en verre ou en plastique transparent qui recouvrent le produit et donne une certaine protection contre les insectes tout en captant plus de chaleur du soleil.

Séchoir solaire direct :



On peut construire des séchoirs indirects de manière à ce que le soleil tape sur un collecteur solaire (une boîte peu profonde, l'intérieur peint en noir, recouverte d'ue panneau de verre), réchauffant l'air qui se déplace vers le haut à travers une série de quatre à six claies chargées de produits.



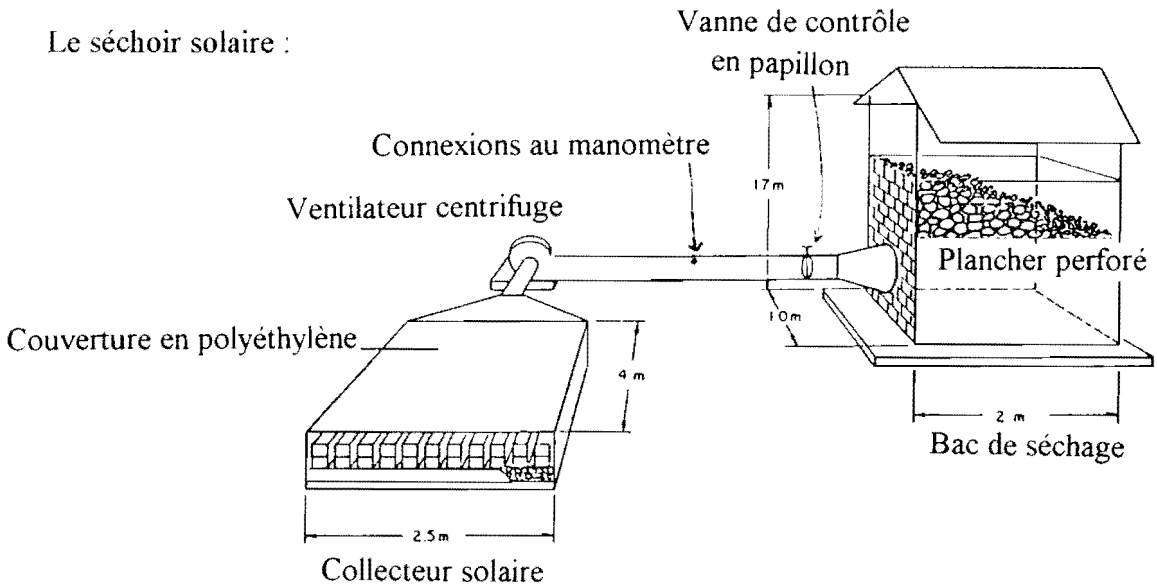
Source: Yaciuk, G. 1982. Food Drying: Proceedings of a Workshop held at Edmonton, Alberta, 6-9 July 1981. Ottawa, Ontario: IDRC 104 pp.

Séchage solaire

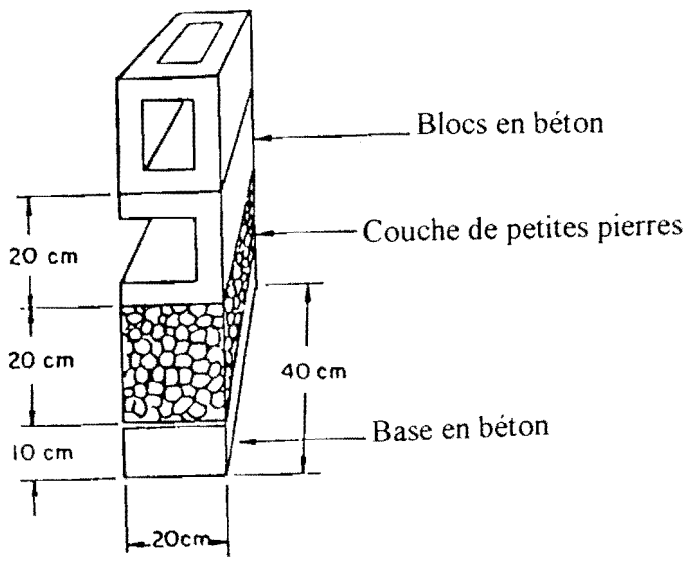
Le séchoir solaire pour copeaux de manioc illustré ci-dessous consiste d'un collecteur solaire, d'un ventilateur et d'un bac de séchage. Le collecteur solaire est construit sur une base en béton, constitué d'une couche de petites pierres et de deux couches de blocs en béton, le tout recouvert de polyéthylène.

L'air chauffé dans le collecteur est forcé à travers le plancher perforé du bac de séchage. Les parois supérieures du bac, sous le surplomb du toit, sont faites de grillage, permettant une bonne circulation d'air.

Le séchoir solaire :



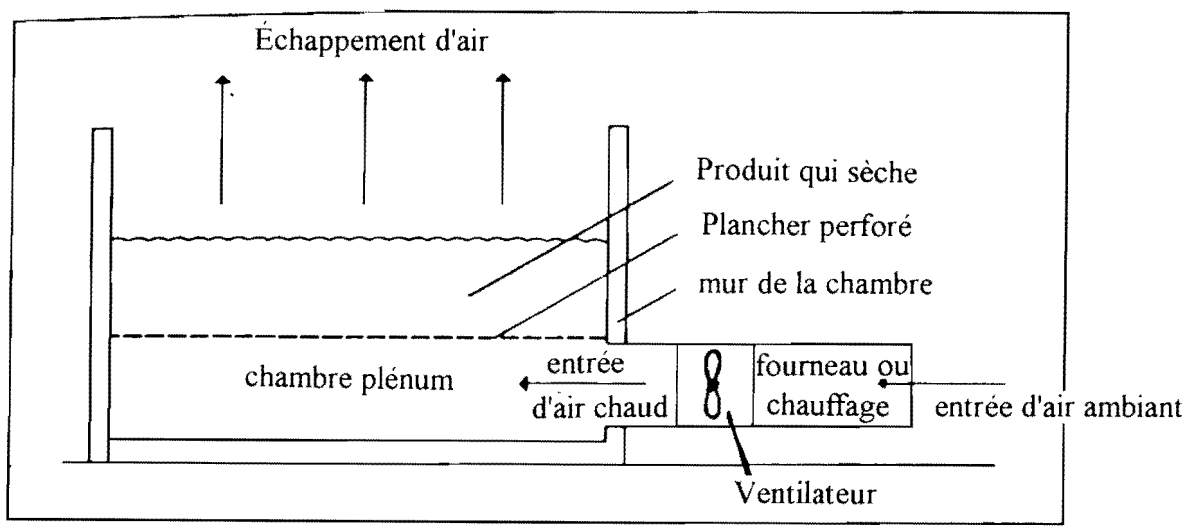
Détail du collecteur solaire :



Source: Best, R., Alonso, L. and Velez, C. 1983. The development of a through circulation solar heated air dryer for cassava chips. 6th Symposium, International Society for Tropical Root Crops. (Lima, Peru, Feb. 21-26, 1983).

Sechoir à air forcé

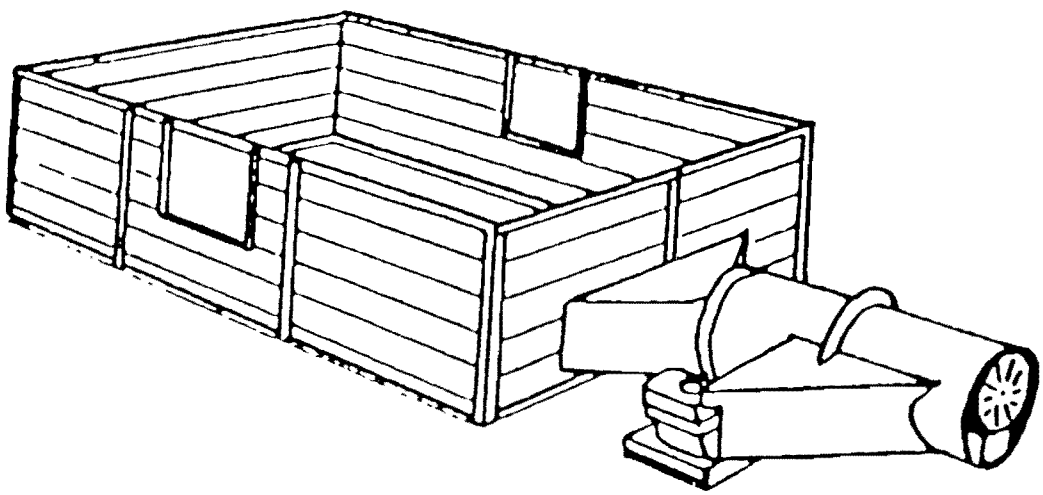
Les fruits-graines peuvent être séchés en vrac dans un dessiccateur qui combine un courant d'air continu avec une source extérieure de chaleur. Le collecteur d'air sous les produits est recouvert d'un plancher fait d'une feuille métallique perforée ou de lattes en bois. Un ventilateur situé entre le four et le collecteur d'air fait circuler l'air chaud à travers les produits que l'on sèche.



Source: FAO. 1985. Prevention of Post-Harvest Food Losses: A Training Manual. (Prévention des pertes post-récoltes d'aliments : Un manuel de formation) Rome: UNFAO. 120 pp.

Séchoir à gaz

Le séchoir par lots illustré ci-dessous est construit en bois, possède un ventilateur axial et fonctionne au pétrole ou au diesel. Une grande variété de séchoirs sont disponibles auprès de fabricants dans le monde entier.

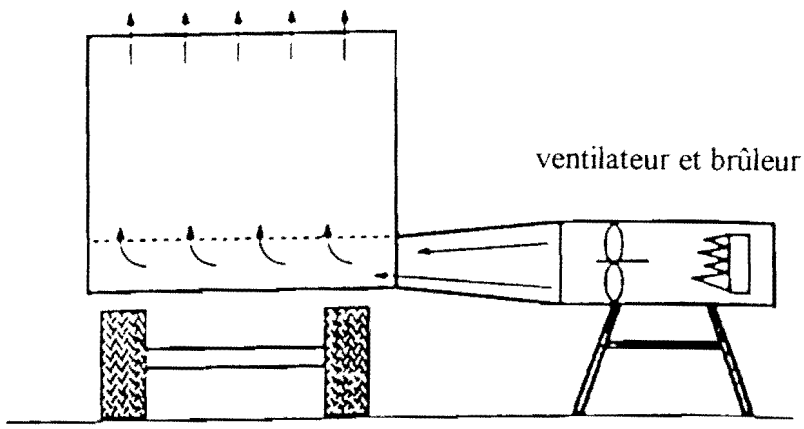


Source: Clarke, B. 1987. Post-Harvest Crop Processing: Some Tools for Agriculture. (Transformation post-récolte des cultures : Quelques outils pour l'agriculture) London, UK. Intermediate Technology Publications.

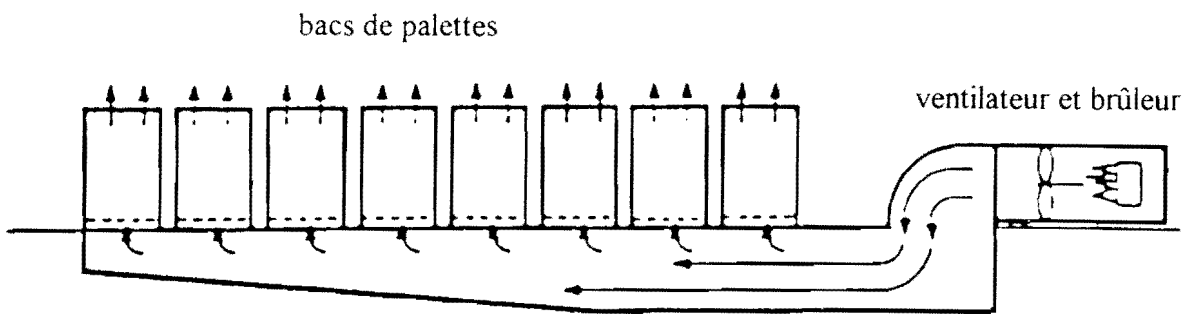
Séchoir à gaz

On emploie couramment deux types de dessiccateurs pour sécher de petits volumes de fruits-graines. Un wagon avec un plancher perforé peut être ramené du champ et connecté à un brûleur portatif pour le séchage par lots. Un dessiccateur "'marmite" peut être fabriqué pour déplacer l'air dans un plénum sous une plate-forme fixe. Des bacs individuels de fruits-graines sont placés sur la plate-forme et sont séchés par la chaleur qui monte à travers le plancher perforé.

Séchoir wagon :



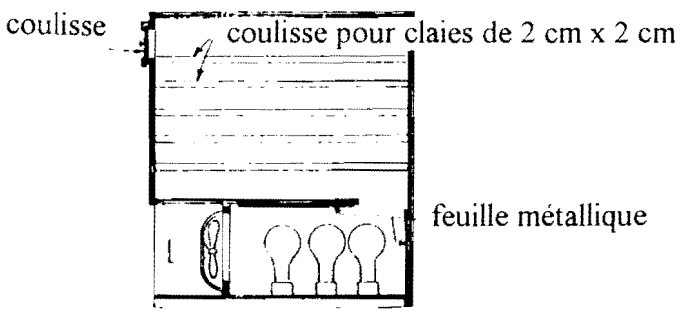
Séchoir marmite :

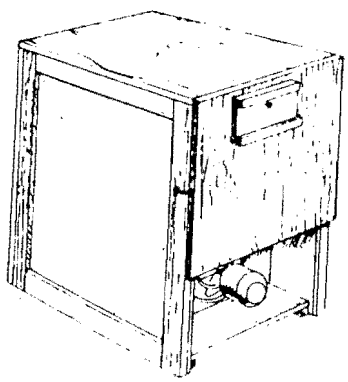


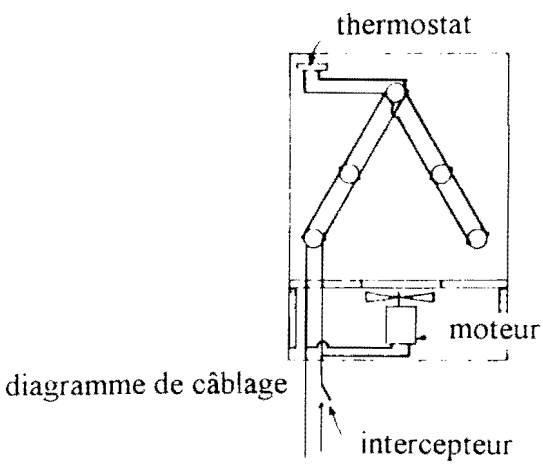
Source: Kader, A.A. and Thompson, J.F. 1992. In: Kader, A.A. (Ed). Postharvest Technnology of Horticultural Crops. (Technologie post-récolte des cultures horticoles) University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311.

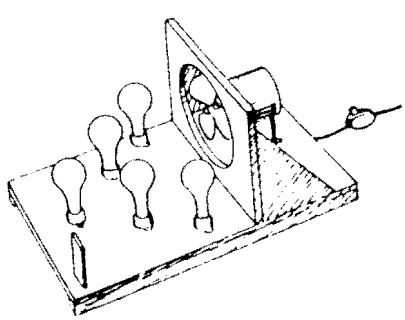
Séchoir électrique

On peut construire un simple dessiccateur électrique en contre-plaqué, en employant une feuille de métal, un petit ventilateur, cinq ampoules électriques de ménage avec douille en porcelaine et du grillage pour moustiquaire. Le séchoir montré ci-dessous fait 80 cm de long sur 54 cm de large, sur 75 cm de haut et contient des étagères pour cinq claies. Le ventilateur et la doublure en feuille métallique sur le compartiment du fond permettent la conduction de chaleur vers le haut à travers la boîte.





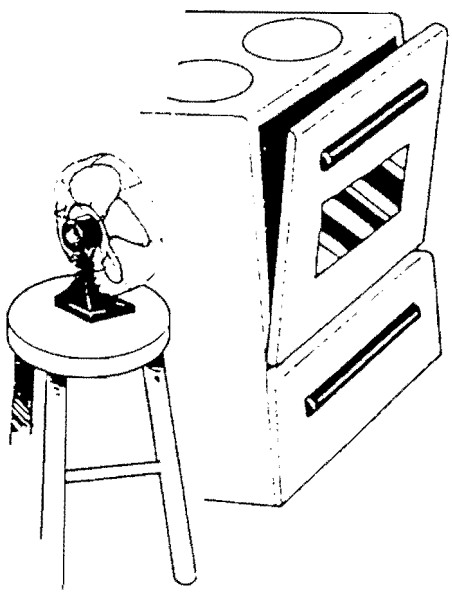




Source: Chioffi, N. and Mead, G. 1991. Keeping the Harvest. (Conserver la récolte) Pownal, Vermont: Storey Publishing

Séchage par étuvage

Les fruits et légumes peuvent être séchés à la maison dans un four de ménage si le four peut fonctionner à basses températures. Placez les produits préparés sur des plateaux de grillage métallique ou des platines de cuisson, réglez le four sur 60°C et laissez la porte entrouverte (5 à 10 cm) Le temps de séchage peut être diminué si la ventilation est augmentée par l'emploi d'un petit ventilateur placé à l'extérieur du four.

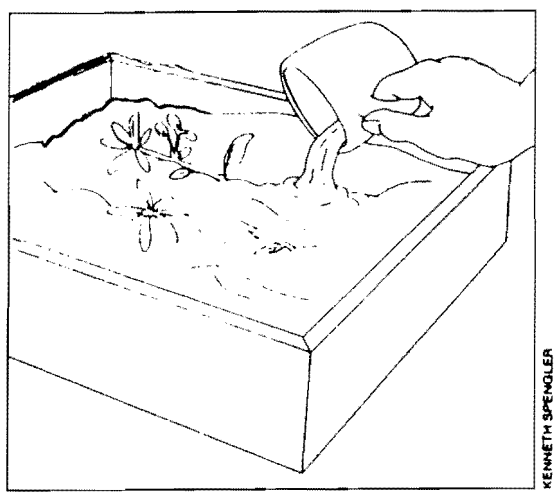


Source: Georgia Cooperative Extension Service. 1984. So Easy to Preserve. (Conserves faciles) University of Georgia, Athens, Georgia.

Séchage des fleurs

On peut faire sécher les fleurs coupées rapidement et facilement dans du sable ou du gel de silice. Le sable employé pour sécher les fleurs doit être propre, doux et le plus fin possible. Commencez avec 2,5 cm de sable dans un récipient, placez les fleurs à sécher dans le sable et recouvrez-les soigneusement de sable. Il faut laisser le récipient découvert et les fleurs sécheront en trois semaines environ. Les fleurs qui sèchent bien dans le sable sont les marguerites Shasta, le muguet, les cosmos, les dahlias, les oeillets de poète, les oeillets, les giroflées, les freesias et les narcisses.

Séchage des fleurs dans le sable :



Le gel de silice est relativement cher mais réutilisable si on le fait sécher en le chauffant. Pour l'employer, couvrez les fleurs de la même manière que pour le séchage au sable, puis fermez le récipient hermétiquement. Vérifiez si les fleurs sont sèches après deux ou trois jours. Le gel de silice est particulièrement utile pour sécher les plantes fragiles et les fleurs de couleurs délicates.

Les fleurs qui sèchent le mieux dans le gel de silice sont les lys, les anémones, les bleuets, les roses, les tulipes et les zinnias.

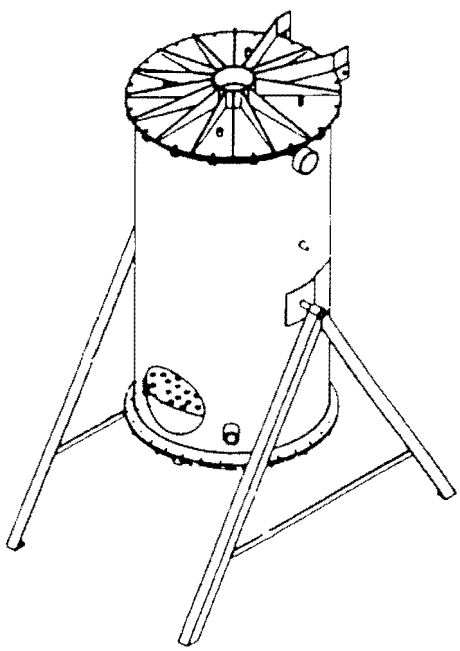
Source: Rogers, B.R. 1988. The Encyclopaedia of Everlastings. (Encyclopédie des immortelles) New York: Michael Friedman Publishing Group, Inc. 191 pp.

Extraction d'huiles essentielles des plantes aromatiques

L'appareil d'extraction à vapeur illustré ci-dessous fut d'abord construit pour l'extraction expérimentale d'huiles essentielles d'une petite quantité de plantes aromatiques. Ce récipient de 500 litres en acier inoxydable peut être employé par de petits exploitants car il extrait jusqu'à 100 ml d'huiles essentielles par distillation et peut être actionné par une seule personne.

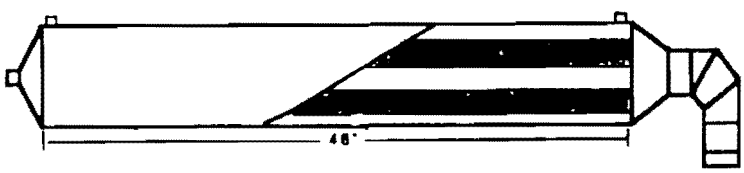
Le modèle montré ci-dessous est portatif si on le monte sur une remorque. La vapeur est introduite à la base du récipient et se déplace à travers les couches de plantes posées sur une plaque perforée en acier inoxydable. La vapeur et les volatiles extraits sortent par le sommet de la cuve, puis passent par un condenseur en aluminium refroidi à l'eau. La cuve peut être penchée pour faciliter le vidage, le nettoyage et le chargement.

L'extracteur à vapeur :



Le condenseur :

Condenseur multitubulaire parallèle
pour une cuve de distillation à la vapeur de 500 litres
tout aluminium

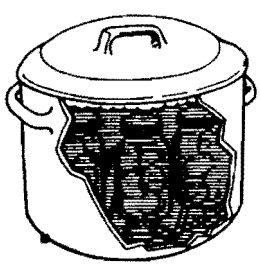


Source: Alkire, B.H. and Simon, J.E. 1992. A portatif steam distillation unit for essential oil crops. (Un appareil de distillation à vapeur portatif pour les récoltes d'huiles essentielles) Hort Technology 2(4): 473-476

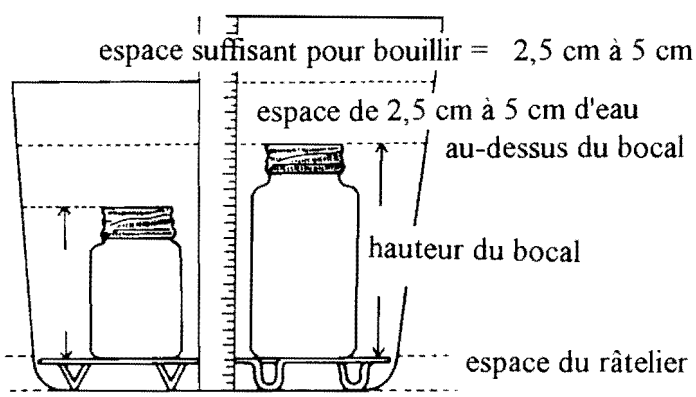
Conserves

On emploie couramment deux types d'appareils pour la mise en conserve des produits horticoles. Le premier fait appel à un bain d'eau chaude, dans une grande marmite avec un couvercle séparé et un râtelier pour éviter que les bocaux ne reposent sur le fond. La marmite doit être assez grande pour que les bocaux soient recouverts par 2,5 cm à 5 cm d'eau et qu'il reste encore 2 ou 3 cm supplémentaires pour permettre à l'eau de bouillir. Le diamètre de la marmite ne dépassera pas de plus de 10 cm le diamètre du brûleur de la cuisinière pour assurer un chauffage uniforme.

Les aliments acides comme les fruits, les saumures et les achards et les aliments très sucrés comme les confitures, les gelées, les sirops et les marmelades peuvent être conservés sans danger par un bain d'eau bouillante.



Marmite de stérilisation en eau chaude

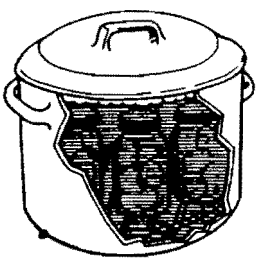


Source: Georgia Cooperative Extension Service. 1984. So Easy to Preserve. (Conserves faciles) University of Georgia, Athens, Georgia.

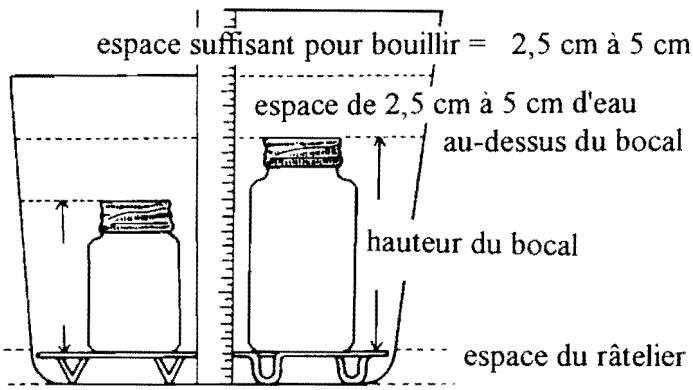
Conserves

On emploie couramment deux types d'appareils pour la mise en conserve des produits horticoles. Le premier fait appel à un bain d'eau chaude, dans une grande marmite avec un couvercle séparé et un râtelier pour éviter que les bocaux ne reposent sur le fond. La marmite doit être assez grande pour que les bocaux soient recouverts par 2,5 cm à 5 cm d'eau et qu'il reste encore 2 ou 3 cm supplémentaires pour permettre à l'eau de bouillir. Le diamètre de la marmite ne dépassera pas de plus de 10 cm le diamètre du brûleur de la cuisinière pour assurer un chauffage uniforme.

Les aliments acides comme les fruits, les saumures et les achards et les aliments très sucrés comme les confitures, les gelées, les sirops et les marmelades peuvent être conservés sans danger par un bain d'eau bouillante.



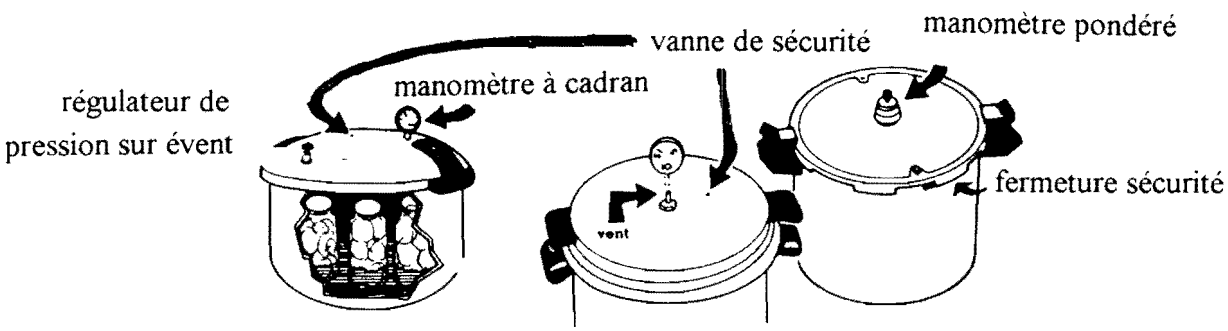
Marmite de stérilisation en eau chaude



Source: Georgia Cooperative Extension Service. 1984. So Easy to Preserve. (Conserves faciles) University of Georgia, Athens, Georgia.

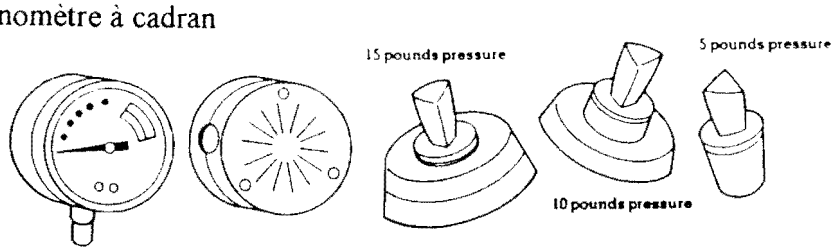
Conserves

On conseille d'employer un autoclave pour la conservation d'aliments peu acides comme les légumes. Un autoclave est une marmite spéciale, très épaisse, avec un couvercle hermétique, un râtelier intérieur et un évent d'échappement de la vapeur dans le couvercle. On peut régler l'évent par un poids, un robinet ou une vis selon le type d'autoclave. Un manomètre de pression enregistre la pression à l'intérieur de l'autoclave. Un manomètre à cadran donne la lecture des pressions réelles, des manomètres pondérés se balancent doucement quand l'autoclave est à la bonne pression. On recommande une pression de 4,5 kg à une température de 115°C pour la stérilisation des légumes.



Autoclaves

Manomètre à cadran



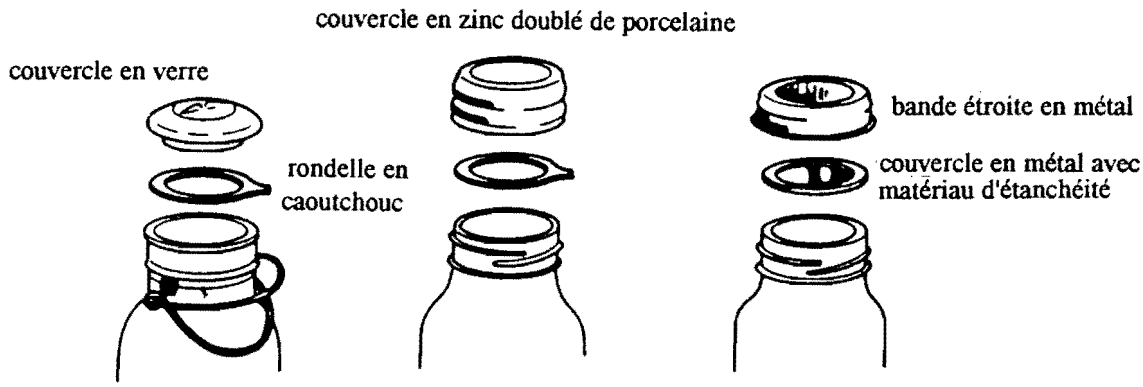
Manomètres pondérés

Source: Georgia Cooperative Extension Service. 1984. So Easy to Preserve. (Conserves faciles) University of Georgia, Athens, Georgia.

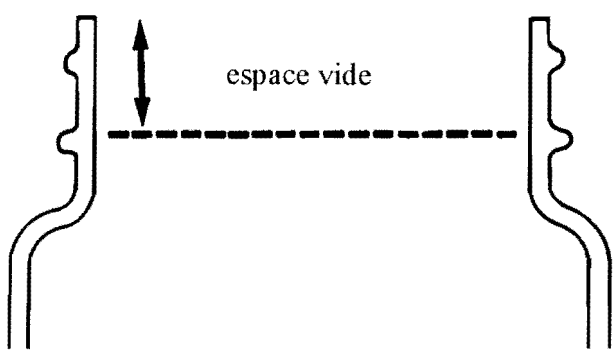
Conserves

Il existe deux ou trois type de bocaux en verre pour la mise en conserve des produits horticoles. Le bocal de type boule et le bocal à couvercle en zinc ont une rondelle en caoutchouc pour une fermeture hermétique. Ils sont parfois difficiles à trouver mais s'ils sont disponibles localement, ils sont d'excellents récipients. En général, le bocal de conserve avec un couvercle en deux pièces est le plus couramment employé.

Quel que soit le bocal employé, il est important de laisser un petit espace au-dessus des aliments quand on remplit les bocaux pour permettre l'expansion des aliments pendant la stérilisation. Un bocal trop rempli risque d'exploser. Par contre, si on laisse trop d'espace, les aliments peuvent s'abîmer car tout l'air risque de ne pas être enlevé pendant la stérilisation.



Bocaux de mise en conserve avec couvercles. De gauche à droite : type boule, couvercle en zinc, et deux pièces



Source: Georgia Cooperative Extension Service. 1984. So Easy to Preserve. (Conserves faciles) University of Georgia, Athens, Georgia.

Extraction de jus

Fruits

Pour la conservation du jus de tomates ou de fruits, on fait bouillir les fruits dans l'eau ou dans leur propre jus dans une marmite émaillée, en acier inoxydable, ou en verre. Une fois tendres, les fruits sont coupés en morceaux et passés dans une écumoire, une passoire ou plusieurs couches d'étamines. On peut ajouter du sucre ou du jus de citron, si l'on désire.

Le jus doit être soit surgelé, soit mis en conserve pour l'entreposage. Les jus peuvent être surgelés dans des bocaux ou des récipients spéciaux (laissez 1 à 2 cm libres au-dessus). La plupart des jus de fruits peuvent être conservés par un bain d'eau bouillante de 20 minutes, mais les jus de pomme de raisins peuvent être conservés dans de l'eau chaude (82°C) pendant 30 minutes.

Légumes

Les légumes doivent être hachés ou coupés fins et mis à bouillir pendant 45 à 50 minutes jusqu'à ce qu'ils soient pâteux. On peut alors presser ou passer le jus de cette pulpe végétale, puis on le surgèle ou le met en conserve. La mise en conserve des jus de légumes demande la stérilisation à 4,5 kg de pression dans un autoclave. Les bocaux d'un demi-litre doivent être laissés dans l'autoclave pendant 55 minutes, et les bocaux d'un litre pendant 85 minutes.

Source: Stoner, C.H. (Ed). 1977. Stocking Up. (Faire des provisions) Emmaus, Penn: Rodale Press.

Autres méthodes de mise en conserve

Surgélation

La plupart des légumes doivent être blanchis avant d'être surgelés, pour éviter la perte de goût et de couleur pendant l'entreposage. Les températures de surgélation les meilleures sont entre -21° et -18°C.

Les emballages pour la surgélation doivent imperméables et résistants à la vapeur et contenir le moins d'air possible pour éviter l'oxydation pendant l'entreposage. Les sacs en plastique épais, le papier d'aluminium lourd, les bocaux en verre pour surgélation et les boîtes en carton paraffiné conviennent tous.

Confitures, gelées et conserves de fruits

Pour obtenir les meilleurs résultats lorsque l'on fait des confitures, des gelées ou d'autres conserves de fruit au sucre, il faut un équilibre entre les fruits, l'acidité, la pectine et le sucre. Les fruits peu mûrs contiennent plus de pectine que les fruits mûrs, et le jus de pomme est une bonne source naturelle de pectine. Si les fruits sont peu acides, du jus de citron peut être ajouté au mélange ainsi que du sucre. Le sucre de canne ou de betteraves convient mieux que le miel ou le sirop de maïs pour faire des confitures.

Pour faire de la confiture de fruits, faites-les cuire jusqu'au moment où le mélange "prend" sur une cuiller. Éviter une cuisson trop longue qui diminuera la capacité de la confiture à se gélifier. Versez dans des récipients et scellez avec de la paraffine (gelées et confitures seulement). Les autres marmelades et compotes doivent être mises en conserve dans un bain d'eau bouillante pendant 5 minutes.

Fermentation

Quand la bactérie d'acide lactique dans les aliments transforme les hydrates de carbone en acide lactique, les aliments sont conservés par un abaissement du pH. La choucroute (chou) et le vin (raisins) sont deux exemples des milliers aliments fermentés fabriqués à travers le monde. Pour de plus amples informations et pour des recettes, voir Chioffi and Mead (1991).

Acidification

La conservation à la saumure ou au vinaigre est une méthode de mise en conserve simple que l'on peut employer pour de nombreux type des fruits et de légumes. Une solution de saumure (9 parts de vinaigre de cidre ou de vinaigre blanc, 1 part de sel de cuisine sans iode, 9 parts d'eau, plus aromates et épices) est versée sur le produit dans des bocaux en verre (laissez 2 à 3 cm d'espace au-dessus). Les conserves en saumure sont fermées hermétiquement et laissées à la température ambiante pendant trois semaines au moins, tandis que les conserves fraîches au vinaigre sont passées dans un bain d'eau bouillante pendant 10 minutes.

Source: USDA. 1977. Canning, Freezing and Storing Garden Produce. (Mise en conserve, surgélation et stockage des produits du jardin) USDA Agricultural Information Bulletin 410.

ASEAN-PHTRC. 1984. Village Level Handling of Fruits and Vegetables: Traditional Practices and Technological Innovations. (Manutention des fruits et légumes au niveau du village : Méthodes traditionnelles et innovations technologiques) Postharvest Horticulture and Training Center, College of Agriculture, University of the Philippines at Los Baños. Extension Bulletin No.1

Broustead, P.J. and New, J.H. 1986. Packaging of fruit and vegetables: a study of models for the manufacture of corrugated fibreboard boxes in developing countries. (Conditionnement des fruits et légumes : une étude de modèles pour la fabrication de boîtes en carton ondulé dans les pays en voie de développement) London:TDRI. (for information contact NRI, Central Avenue, Chatham Maritime, Kent, ME4 4TB, United Kingdom).

Campbell-Platt, G. 1987. Fermented Foods of the World: Dictionary and Guide. (Aliments fermentés du monde : dictionnaire et guide) Stonam, Massachussetts: Butterworth Heineman.

CIP. 1982. Annual Report.(Rapport annuel) Lima, Peru: International Potato Center.

FAO. 1989. Prevention of Post-Harvest Food Losses: Fruit, Vegetables and Root Crops. A Training Manual. (Prévention des pertes post-récoltes d'aliments : fruits, légumes et racines : un manuel de formation) Rome: UNFAO. 157 pp.

FAO. 1986. Improvement of Post-Harvest Fresh Fruits and Vegetables Handling. (Amélioration de la manutention post-récolte des fruits et légumes frais) Regional Office for Asia and the Pacific. Maliwan Mansion, Phra Atit Road, Bangkok, 10200, Thailand.

Fellows, P. and Hampton, A. 1992. Small-Scale Food Processing: A Guide to Appropriate Equipment. (Transformation pour petits exploitants : un guide de l'équipement approprié) London: Intermediate Technology Publications

Grierson, W. 1987. Postharvest Handling Manual, (Manuel de manutention post-récolte) Commercialization of Alternative Crops Project. Belize Agribusiness Company/USAID/Chemonics International Consulting Division, 2000 M Street, N.W., Suite 200, Washington, D.C. 20036.

Hardenburg, R.E. et al. 1986. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks.(Le stockage commercial des fruits; légumes et fleurs et stockes de pépinière) USDA Agriculture Handbook 66. 130 pp.

Harvey, E. et al. 1990. Harvesting and postharvest handling of papayas in the Caribbean. (Récolte et manutention post-récolte des papayes dans les Antilles) Bridgetown, Barbados: Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA).

Hunsigi, G. 1989. Agricultural Fibres for Paper Pulp. (Fibres agricoles pour la pâte à papier) Outlook on Agriculture 18 (3): 96-103.

Kader, A.A. (ed). 1992. Postharvest Technology of Horticultural Crops (2nd Edition). (Technologies post-récoltes des cultures horticoles) UC Publication 3311. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California 94608.

Kupferman, E.M. 1990. Life after benlate: an update on the alternatives. (La vie après le benlate : une mise à jour des alternatives) Washington State University Tree Fruit Postharvest Journal 1(1): 13-15.

Liu, F.W. 1988. Developing practical methods and facilities for handling fruits in order to maintain quality and reduce losses. (Développement de méthodes pratiques et d'installations pour la manutention des fruits pour le maintien de la qualité et la réduction des pertes) Postharvest Handling of Tropical and Subtropical Fruit Crops, Food and Fertilizer Technical Center for the Asian and Pacific Region, Taipei 10616, Taiwan.

Mitchell, F.G., Guillon, R., R.A. Parsons. 1972. Commercial Cooling of Fruits and Vegetables. (Refroidissement commercial des fruits et légumes) UC Extension Manual 43. University of California, Division of Agricultural Sciences, Oakland, California 94608.

Moline, H.E. 1984. Postharvest Pathology of Fruits and Vegetables: Postharvest Losses in Perishable Crops. (Pathologie post-récolte des fruits et légumes : pertes post-récoltes de denrées périssables) U.C. Bulletin 1914, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California 94608.

NRC. 1992. Neem: A Tree for Solving Global Problems. (Neem : un arbre pour résoudre les problèmes mondiaux) Washington, D.C.: Bostid Publishing Co. 141 pp.

Natural Resources Institute. 1994. Manual for Horticultural Export Quality Assurance. (Manuel pour l'assurance de qualité de l'exportation des produits horticoles) Chatham, UK: Natural Resources Institute.

Pantastico, Er. B. 1980. FAO/UNEP Expert Consultation on Reduction of Food Losses in Perishable Products of Plant Origin. (Consultation d'experts sur la réduction des pertes d'aliments dans les denrées périssables d'origine végétale) (6 May 1980, FAO, Rome). 54 pp.

Proctor, F.J. 1985. Post-harvest handling of tropical fruit for export.(Manutention post-récolte des fruits tropicaux pour l'exportation) The Courier 92:83-86.

Reyes, M. U. 1988. Design Concept and Operation of ASEAN Packinghouse Equipment for Fruits and Vegetables. (Conception et fonctionnement de l'équipement de conserverie de l'ASEAN pour les fruits et légumes) Postharvest Training and Research Center, University of the Philippines at Los Baños, College of Agriculture, Laguna.

Shewfelt, R.L. 1990. Quality of Fruits and Vegetables. A Scientific Status (Qualité des fruits et légumes. Un statut scientifique) Summary by the Institute of Food Technologists' Expert Panel on Food Safety and Nutrition. Institute of Food Technologists, 221 North LaSalle Street, Chicago, Illinois 60601.

Shewfelt, R.L. 1986. Postharvest treatment for extending shelf life of fruits and vegetables. (Traitement post-récolte pour étendre la durée de conservation des fruits et légumes) Food Technology 40(5):70-78, 89.

Shewfelt, R.L. and Prussia, S.E. (eds). 1993. Postharvest Handling: A Systems Approach. (Manutention post-récolte : une approche des systèmes) San Diego: Academic Press, 358 pp.

Talbot, M. T. and Fletcher, J.H. 1993. Design and Development of a Portable Forced-Air Cooler. (Conception et mise au point d'un refroidisseur par ventilation forcée portatif) Proceedings of the Florida State Horticultural Society 106:249-255.

Thompson, J.F. 1994. Ripening facilities. (Installations de mûrissage) Perishables Handling Newsletter. University of California, Davis, Special Issue No. 80: 5-8.

Walker, D. J. 1992. World Food Programme Food Storage Manual (Manuel de stockage d'aliments du programme mondial des aliments) Chatham, UK: Natural Resources Institute.

To order copies of these books, mail or fax this order form to:

Pamela Moyer
Department of Pomology
University of California
Davis, CA 95616, USA
FAX 1-530-752-8502
email pvmoyer@ucdavis.edu
Postharvest Outreach Program
Homepage http://postharvest.ucdavis.edu

Name _____ Date _____

Company/Organization _____

Address _____ City _____

State _____ Zip (postal code) _____

Country _____ Email _____

Fax _____ Phone _____

Quantity	Title and Authors	Unit Price	Total $
	SMALL-SCALE POSTHARVEST HANDLING PRACTICES; A Manual for Horticultural Crops. 3rd Edition 1995 Kitinoja & Kader	$18	
	Manual de Practicas de Manejo Postcosecha de los Productos Hortofruticolas a Pequeña Escala. 1996 Traducción: Gloria López-Gálvez, Revisión Técnica: Clara Pelayo	$18	
	Methodes de Manutention Post-Recolte pour Petits Exploitants: Un Manuel pour les Cultures Horticoles. 3e edition 1998 Editeur technique: Amar Kaanane	$ 18	
		SUBTOTAL	

Add 20% of the subtotal for packaging and mailing fees within the USA
Add 50% of the subtotal for outside the USA (Allow 1 or 2 weeks for delivery within the U.S. , longer for other destinations).

Add 7.25% of the subtotal for California Sales Tax
For California residents and direct sales only
Please make check payable to UC Regents.
Payments must be in a U.S. money order,
U.S. personal check, or U.S. cashiers check

TOTAL ORDER _____

Please bill my: Visa MasterCard # _____ Expires _____

11/1998 For office use only: Received _____ Sent _____