
Norme internationale



6322/2

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

**Stockage des céréales et des légumineuses —
Partie 2 : Principales conditions requises**

Storage of cereals and pulses — Part 2 : Essential requirements

Première édition — 1981-06-15

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 6322-2:1981](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/147335ec-e7ec-435a-bde1-522f586bb870/iso-6322-2-1981)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/147335ec-e7ec-435a-bde1-522f586bb870/iso-6322-2-1981>

CDU 633.1 + 635.65 : 664.821

Réf. n° : ISO 6322/2-1981 (F)

Descripteurs : produit agricole, céréale en grain, légumineuse, légumineuse en grain, entreposage, spécification, conditions générales, transport, silo.

Prix basé sur 6 pages

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 6322/2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 34, *Produits agricoles alimentaires*, et a été soumise aux comités membres en février 1979.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Afrique du Sud, Rép. d'	Espagne	Philippines
Allemagne, R. F.	Ethiopie	Pologne
Australie	France	Portugal
Autriche	Hongrie	Roumanie
Brésil	Inde	Royaume-Uni
Bulgarie	Israël	Tchécoslovaquie
Canada	Jamahiriya arabe libyenne	Thaïlande
Chili	Kenya	Turquie
Chypre	Malaisie	Yougoslavie
Corée, Rép. de	Mexique	
Égypte, Rép. arabe d'	Nouvelle-Zélande	

Aucun comité membre ne l'a désapprouvée.

Stockage des céréales et des légumineuses — Partie 2 : Principales conditions requises

0 Introduction

Les facteurs les plus importants affectant le stockage des grains sont

- a) les conditions de l'air ambiant (variations quotidiennes et saisonnières de l'humidité relative et de la température);
- b) l'attaque par les ravageurs (oiseaux, rongeurs, insectes et acariens);
- c) l'attaque par les micro-organismes (principalement les moisissures);
- d) la condition des bâtiments de stockage et la méthode de manutention.

En général, l'état des grains ne se modifie que lentement lors de leur stockage, l'importance des modifications dépendant des conditions ambiantes. Les changements de teneur en eau et de température sont limités à la périphérie de la masse des grains ou dans les sacs extérieurs d'un gerbage, sauf lorsque la durée du stockage se prolonge ou lorsque le grain est aéré. D'importantes infestations d'insectes causent, cependant, une élévation de la température dans la masse des grains, et les gradients de température produits peuvent entraîner une migration assez grande de l'humidité qui provoque des dégâts par les moisissures, la germination et des dommages par actions chimique et enzymatique. L'extension des moisissures provoque également un échauffement des grains. Le problème des déprédateurs et de leur contrôle est traité dans l'ISO 6322/3.

Il est donc important de stocker le grain sain, sec¹⁾, propre, non infesté, dans des lieux sains, propres et non infestés, et de le préserver d'une détérioration ultérieure en le conservant aussi frais et sec que possible.

Le grain peut être stocké soit à l'air libre, soit dans un entrepôt construit spécialement, soit dans un autre contenant. Le choix d'une méthode de stockage est souvent imposé par les conditions de la récolte et du transport, de la main-d'œuvre, des matériaux disponibles, du coût, de la durée du stockage et d'autres facteurs.

Il convient de faire une distinction entre les grains stockés en sacs et les grains stockés en vrac. En outre, pour les grains en vrac, il y a une différence entre ceux qui sont stockés en tas dans les entrepôts, où la surface exposée à l'air en relation avec son volume est grande, et ceux qui sont stockés en silos, où la surface exposée à l'air en relation avec son volume est faible.

1) Sauf en cas de méthodes de stockage spéciales (voir chapitre 7).

1 Objet et domaine d'application

La présente partie de l'ISO 6322 donne des conseils sur le choix d'une méthode de stockage des céréales et des légumineuses et sur les principales conditions requises pour un bon stockage, en fonction de la méthode choisie. D'autres aspects du stockage des céréales et des légumineuses sont traités dans l'ISO 6322/1 et l'ISO 6322/3.

2 Références

ISO 6322/1, *Stockage des céréales et des légumineuses — Partie 1 : Considérations générales sur la conservation des céréales.*

ISO 6322/3, *Stockage des céréales et des légumineuses — Partie 3 : Contrôle de l'attaque par les animaux vertébrés et invertébrés.*

3 Manutention

Tout système de stockage demande un moyen pour mouvoir les marchandises à l'intérieur et à l'extérieur de l'entrepôt. Les moyens seront choisis de manière à minimiser les dommages ou la détérioration du grain et des contenants de stockage, et permettront, autant que possible, la suppression des poussières.

4 Stockage à l'air libre

4.1 Généralités

Le stockage à l'air libre est la méthode la moins coûteuse mais la moins satisfaisante. Elle présente un grand risque d'attaque par les oiseaux, les rongeurs, les insectes et les acariens (voir ISO 6322/3), d'attaque par les moisissures, de dégâts dus au mauvais temps, de vols, de dommages mécaniques survenant aux sacs et autres problèmes. En principe, elle ne devrait être utilisée que pour de courtes périodes.

4.2 Stockage non abrité

Un stockage non abrité est moins problématique dans les pays secs, où une courte et forte ondée affectera seulement la surface du produit (sur une profondeur d'environ 2 cm), lequel séchera de nouveau sous l'effet de l'ensoleillement. D'une telle

exposition, cependant, peut résulter une décoloration affectant la qualité du produit. Le stockage sous la neige est admissible car les basses températures retardent la croissance des insectes et des moisissures. Toutefois, même dans ce cas, des moisissures produisant des toxines peuvent croître, à des températures proches de 0 °C, sur les grains mouillés par la neige. Cette méthode de stockage nécessite donc de très grandes précautions.

Le stockage à l'air libre peut s'effectuer

- a) à même le sol, en sacs ou en vrac (le stockage d'une récolte, non battue ou en meules, est de plus en plus rarement pratiqué);
- b) sur un emplacement en dur ou autre surface préparée possédant de préférence un système d'isolement la protégeant contre la vapeur d'eau.

Lorsqu'il s'agit de céréales en vrac, une ventilation artificielle des tas de grains est parfois souhaitable mais non toujours réalisable.

4.3 Stockage abrité

On peut occasionnellement placer une couverture temporaire, par exemple, en tôles ondulées fixées sur un bâti en bois au-dessus des céréales mises en sacs et gerbées ou entassées en vrac; on peut assurer une protection supplémentaire contre le mauvais temps au moyen de rideaux en toile de jute.

Les tas de grains peuvent être recouverts avec des couvertures étanches à l'eau ou avec de la paille et de la terre ou avec les deux.

Le maïs non battu est habituellement stocké dans des cribs à claire-voie, par exemple avec des côtés grillagés, pour permettre le séchage lorsque les conditions atmosphériques sont favorables. On peut ainsi stocker le maïs en épis facilement et avec sécurité, car il n'a subi aucune détérioration due au battage. Une attention particulière doit être portée à la protection du maïs contre les oiseaux et les rongeurs (voir ISO 6322/3).

5 Stockage dans des bâtiments spéciaux autres que les silos

5.1 Généralités

Les objectifs du stockage du grain dans des bâtiments sont la protection contre les intempéries, la prévention contre les déprédateurs et la sécurité. Il serait idéal qu'un tel stockage puisse permettre de contrôler la température et l'humidité, afin de conserver le grain aussi frais, aussi sec et à une température aussi uniforme que possible. La structure devra être réalisée de façon appropriée en vue d'avoir de bonnes conditions de stockage et d'éviter les dommages causés par les ravageurs.

5.2 Construction du bâtiment

5.2.1 Emplacement et fondations

La disposition devra être telle que le grand axe du bâtiment soit

orienté de façon à réduire au minimum l'apport de chaleur solaire, c'est-à-dire nord-sud dans les régions tempérées et est-ouest aux tropiques. Les fondations devront être calculées de manière à supporter le poids du bâtiment et du grain le remplissant et devront, si nécessaire, être résistantes aux termites. Les alentours devront être exempts de toute végétation, détritiques, inondations et courants d'eau, etc. Il devra être prévu un accès direct approprié aux différents modes de transport utilisés.

5.2.2 Sol

Le sol devra être sain, lisse, dur et étanche à la vapeur d'eau. La terre battue n'est pas recommandée. Un plancher en bois présente des fissures et des crevasses dans lesquelles des détritiques et des insectes et acariens peuvent venir se loger. Normalement, une surface lisse et dure implique un béton de bonne qualité, traité avec un durcisseur afin de limiter la poussière. Une construction à murs cintrés facilite le nettoyage. La protection contre l'humidité s'étendra jusqu'à l'assise hydrofugée des murs, celle-ci étant généralement incluse dans l'épaisseur du béton.

5.2.3 Murs

Les murs devront être sains, lisses et, si cela est autorisé par la réglementation locale, de couleur claire (ou présenter une surface très réfléchissante) à l'extérieur, afin de réduire l'absorption de la chaleur. Dans les pays tropicaux, un certain isolement est souhaitable. La construction devra éviter les «espaces morts», et les enduits intérieurs devront être exempts de fissures. Les murs des bâtiments sont généralement en bois (non recommandé), en briques d'argile, parpaings, fibrociment, fer galvanisé, aluminium, briques ou maçonnerie, béton coulé sur place ou béton armé.

5.2.4 Toit

Le toit devra être sain et, si cela est autorisé par la réglementation locale, de couleur claire (ou présenter une surface très réfléchissante) à l'extérieur. Il ne devra comporter aucune poutre (une construction à voile mince est idéale), les piliers de soutien devront être évités dans toute la mesure du possible. Si le toit est plat, il devra avoir une légère pente (environ 3 %) pour que l'eau de pluie puisse s'écouler. Dans les régions tropicales, un toit à longs pans favorise l'isolement. Le toit devra être un bon isolant contre la chaleur, non affecté par la condensation et protégé contre l'attaque des oiseaux, rongeurs, insectes, acariens et moisissures, et conçu de façon à ne pas constituer un refuge pour les insectes et acariens. Un faux-plafond peut augmenter l'isolement contre la chaleur, mais devra permettre l'accès à l'espace créé qui peut servir de refuge aux déprédateurs. Les matériaux de toiture comprennent les tuiles, les ardoises, les tuiles en fibrociment, les feutres bitumés, les couvertures en fer galvanisé ou aluminium, les couvertures en fibrociment ondulées ou un enduit de ciment.

Tous les tuyaux d'écoulement des gouttières devront être extérieurs; les prévoir à l'intérieur des bâtiments est une mauvaise pratique, car ils sont un abri pour les insectes et acariens et livrent passage aux rongeurs; par ailleurs, la moindre défectuosité peut permettre à l'eau de pluie d'endommager le grain.

5.2.5 Portes et fenêtres

L'aération devra être contrôlable. Dans un bâtiment presque plein, c'est le grain lui-même qui, dans une grande mesure, déterminera les conditions ambiantes de l'entrepôt. Une aération «naturelle» n'est pas toujours souhaitable, car elle peut laisser pénétrer de l'air humide. Un certain degré d'aération peut cependant être souhaitable, à certaines heures de la journée, pour obtenir la fraîcheur nécessaire, laquelle peut provenir de l'ombrage des arbres, de fenêtres à auvents, de toits en saillie, etc.

Les vides sous les avancées des toits devront être évités, en particulier si l'humidité relative qui règne est élevée.

Les portes et fenêtres devront être réduites le plus possible et laissées ouvertes le moins possible. Les lanternaux et tabatières sont utiles, mais ils devront être peu nombreux et de petites dimensions.

5.2.6 Protection

Dans la mesure du possible, le bâtiment devra être inaccessible aux insectes, rongeurs, oiseaux et chauve-souris, et devra être étanche aux fumigations.

5.3 Stockage en sacs dans les bâtiments

5.3.1 Propreté

La propreté et une bonne hygiène sont essentielles; un nettoyage fréquent est absolument nécessaire.

5.3.2 Parquet de chargement

Un bon parquet de chargement est indispensable. Son principal rôle est de permettre l'aération, d'éviter des baisses de température localisées, d'empêcher que l'humidité ne conduise à une condensation ou n'ait tendance à monter à partir d'un sol mal construit. Il est préférable d'utiliser un parquet réalisé avec des palettes normalisées¹⁾, de dimensions appropriées, et, par conséquent, faciles à enlever, à traiter avec des pesticides et superposables lorsqu'elles ne seront pas utilisées.

5.3.3 Gerbage

Le gerbage devra être bien conduit de manière à réaliser, tout d'abord, un empilement géométrique, bien construit et solide, et ensuite à permettre les traitements pesticides. On devra éviter de gerber autour des piliers ou contre les murs, car l'inspection et le traitement par fumigation deviennent plus difficiles. Les passages devront être assez larges pour permettre une inspection efficace et la fumigation. La mise en place de bâches imperméables après la fumigation empêche une nouvelle infestation, mais n'est pas conseillée pour des gerbages qui ont commencé à s'échauffer, en raison des problèmes de condensation résultant d'une migration de la teneur en eau lorsque le gerbage se refroidit.

5.4 Stockage en vrac dans les bâtiments

5.4.1 Le stockage peut s'effectuer à l'intérieur de cloisons, pouvant être constituées par des sacs, ou à l'intérieur de murs retenant le grain, spécialement conçus dans ce but. On devra laisser un espace suffisant pour permettre les contrôles et les traitements.

5.4.2 Dans certains entrepôts, on stocke le grain contre les murs du bâtiment, lesquels, comme les cloisons, devront être assez solides pour résister à la pression latérale exercée par le grain.

5.4.3 Dans tout stockage en vrac, il y a un danger de développement de gradients de température conduisant à des variations d'humidité à l'intérieur de l'amas de céréales et à une éventuelle croissance de moisissures, surtout à la surface sur une couche de 5 à 20 cm, contre les murs et le sol. On peut éviter cet inconvénient par un système d'aération, consistant en une ventilation artificielle passant à travers les grains en vrac (voir 7.2).

5.4.4 Le stockage en vrac horizontal est économique. Cependant, des difficultés de manipulation et d'application du contrôle des déprédateurs peuvent se présenter bien que les récentes améliorations apportées aux systèmes mécaniques de manutention et aux machines pneumatiques aient résolu de nombreux problèmes rencontrés auparavant.

6 Stockage en silo

L'importance des unités de stockage peut varier de quelques kilogrammes pour un petit récipient à plusieurs centaines de tonnes pour de grandes installations à grains. Ces grands silos de stockage sont pratiques mais fort coûteux à installer. Les grands silos portuaires ou terminaux sont très accessibles mais ne sont pas économiques pour un stockage de longue durée. Les caractéristiques essentielles pour le stockage sont la simplicité avec un minimum de mécanismes, et les dispositifs fabriqués en très grande série sont idéaux.

Les matériaux employés pour la construction devront être appropriés à la taille du contenant, par exemple :

- a) les petits contenants de fabrication locale peuvent être en argile, osier, etc.; on utilise parfois des bidons d'huile usagés;
- b) de plus grands contenants (plus de 10 t) peuvent être en bois (bois ordinaire ou contre-plaqué), en brique ou béton (parpaings ou coulé sur place), en tôles métalliques (acier, tôle ondulée, aluminium) ou en treillage métallique (gainé de jute, de papier bitumé, de polyéthylène, de polychlorure de vinyle, de caoutchouc butyl, etc.).

Comme les autres bâtiments, les silos doivent être conçus pour résister aux forces mises en jeu et construits de façon à éviter la fissuration ou la formation de crevasses.

1) Voir les Normes internationales élaborées par l'ISO/TC 51, *Plateaux de chargement pour transport et manutention directe de charges unitaires.*

Les dispositifs de fumigation et de pulvérisation, aussi bien que les moyens de nettoyage et d'examen, devront être prévus dès le stade d'élaboration de l'installation.

Alors que la mécanisation automatisée est souhaitable pour les grandes installations, elle n'est pas indispensable pour les petites.

7 Moyens de stockage spéciaux

7.1 Stockage à l'abri de l'air

On peut mettre en œuvre un stockage étanche à l'air pour lutter contre les infestations des grains secs par les insectes et acariens, et empêcher la prolifération des moisissures dans les grains suffisamment humides pour permettre une telle prolifération en cas de stockage à l'air libre. Le principe de la méthode est le même dans les deux cas et consiste à éliminer l'oxygène nécessaire à la croissance des insectes ou moisissures. On obtient ce résultat en laissant respirer tant les organismes que le grain. Le gaz carbonique produit peut contribuer à la destruction des déprédateurs. L'utilisation d'azote, de gaz carbonique ou autre gaz inerte, peut activer le processus mais n'est pas indispensable. Le stockage étanche à l'air est très approprié aux bâtiments dont les appareils de chargement et de déchargement sont de construction relativement simple. Il peut être nécessaire d'incorporer des moyens d'échantillonnage dans ce type de stockage pour les besoins du contrôle de la qualité, par exemple lors du classement.

7.1.1 Lutte contre les insectes et acariens par le stockage à l'abri de l'air

Le stockage à l'abri de l'air est extrêmement bien approprié à la lutte contre les insectes et acariens se trouvant dans les grains secs, sans utiliser de pesticides. Un tel stockage convient particulièrement bien aux réserves de grain, constituées dans des pays chauds en vue de famines éventuelles et pour lesquelles on recommande une teneur en eau maximale de 13,5 % (*m/m*). Les propriétés du grain, placés dans ces conditions, ne se modifient guère, et celui-ci demeure approprié à toute utilisation, y compris l'alimentation humaine. Il pourrait être conseillé cependant de ne pas conserver du grain dans un contenant étanche pour une durée supérieure à une campagne agricole.

Dans la pratique, une infestation initiale modérée réduira, en 2 à 3 semaines, la teneur en oxygène d'un contenant, étanche à l'air, à environ 2 %, ce qui tuera les insectes. Dans le cas où, à la suite d'un léger manque d'étanchéité, la réintroduction quotidienne d'oxygène est inférieure à 0,5 % de l'espace libre situé au-dessus du grain, y compris l'espace intergranulaire, les insectes de la deuxième génération ne pourront survivre et l'infestation disparaîtra d'elle-même. Si le manque d'étanchéité est plus important, les insectes pourront grandir, et ainsi donner lieu à une légère infestation.

7.1.2 Stockage à l'abri de l'air pour empêcher la prolifération des moisissures

L'utilisation du stockage à l'abri de l'air, destiné à empêcher la prolifération des moisissures, convient mieux aux pays tempérés.

Lors d'un stockage à l'abri de l'air, à une teneur en eau supérieure à 16 % (*m/m*), peuvent se produire des changements dans le grain résultant d'une activité enzymatique naturelle mais aussi de l'activité de micro-organismes anaérobies. Le grain subit certaines modifications qui affectent ses propriétés meunière et boulangère, lui enlevant sa qualité marchande au point de ne plus convenir qu'à l'alimentation animale ou à l'industrie.

Si l'on stocke du grain humide en enceinte étanche, sa teneur en eau doit de préférence se situer entre 18 et 22 % (*m/m*). Au-dessus de cette valeur, le grain étant plutôt souple, des problèmes de prise en masse et de tassement peuvent surgir. À des teneurs en eau dépassant 25 % (*m/m*) dans des silos de grande hauteur, un système de déchargement particulier est nécessaire.

Si l'étanchéité de l'entrepôt est déficiente, des micro-organismes nuisibles pourront apparaître, surtout en l'absence de mesures adéquates réduisant l'entrée d'oxygène au minimum.

On pourra restreindre ces risques par une surveillance efficace, et surtout, en s'assurant que le silo est vide au moment où la température croît au printemps, dans les pays tempérés. Dans les pays tropicaux, où la température favorise au maximum la prolifération des moisissures toute l'année, le stockage à l'abri de l'air est déconseillé pour du grain dont la teneur en eau dépasse 14 % (*m/m*).

7.1.3 Types de stockage à l'abri de l'air

Le stockage à l'abri de l'air peut s'effectuer soit au-dessus, soit au-dessous du niveau du sol.

7.1.3.1 Magasins souterrains

Les fosses ont l'avantage d'assurer une température relativement égale, évitant ainsi les risques de migration de l'humidité.

On devra choisir l'emplacement, le niveau phréatique étant au-dessous du fond de la fosse la majeure partie de l'année. L'arrivée d'eau du sol et de la pluie devra être évitée. Les parois de la fosse devront être étanches à la vapeur d'eau; le béton devra recevoir une couche bitumeuse de protection, mais les petites fosses pourront être garnies à l'intérieur de boues, de mélanges paille-bitume, de polyéthylène ou de matériaux analogues. Le toit, flexible ou non (par exemple constitué par des couches de feutre et de grillage métallique), devra également être étanche à la vapeur d'eau. On ne saurait trop insister sur l'importance d'une construction d'excellente qualité.

7.1.3.2 Bâtiments au-dessus du niveau du sol

Les silos construits au-dessus du niveau du sol sont de plus en plus employés dans les pays tempérés, particulièrement pour le stockage des grains à forte teneur en eau destinés à l'alimentation animale. Les silos pourront être construits en tôles d'acier, pouvant être peintes, galvanisées, ou en métal vitrifié, sauf en France où la construction soudée est courante; les tôles sont généralement assemblées conjointement avec un mastic spécial. Des dispositions pour la libération des tensions et pour l'évacuation avec une entrée d'air minimale sont essentielles. Si

des déchargeurs sont employés, le déchargement devra être effectué à un débit prédéterminé pour réduire le plus possible le développement de micro-organismes toxiques à la surface du grain.

Des silos étanches à l'air d'une capacité inférieure à 2 500 t peuvent être constitués par un sac flexible dans une cage en treillage métallique. Le sac est ordinairement en caoutchouc butyl, mais on peut utiliser du polyéthylène et du polychlorure de vinyle d'épaisseur adéquate, ou des matériaux similaires.

Une isolation thermique est recommandée.

7.2 Stockage par réfrigération

Alors que, dans la méthode de stockage à l'abri de l'air, le grain et ses déprédateurs interviennent dans le milieu ambiant de l'entrepôt, dans la méthode de stockage ventilé, les conditions sont contrôlées artificiellement.

L'aération peut être utilisée pour conserver le grain aux températures en dessous desquelles l'augmentation des populations d'insectes et de champignons peut se produire.

7.2.1 Aération par l'air ambiant

En abaissant la température au-dessous de 15 °C, la prolifération de la plupart des insectes, mais non des acariens, devient si faible qu'il n'y a plus d'infestation. Par exemple, dans les pays tempérés, l'aération par l'air ambiant avec un débit d'environ 1,66 à 2,5 l/s (0,1 à 0,15 m³/min) par mètre cube de grain durant une période d'aération totale de 120 à 170 h, pouvant s'étendre sur plusieurs semaines, sera généralement suffisante. L'aération sera limitée aux périodes durant lesquelles l'atmosphère est telle que la teneur en eau dans le grain ne dépasse pas le niveau de sécurité prévu pour le stockage et reste aussi basse que possible (voir ISO 6322/1).

Refroidir le grain avec l'air ambiant est maintenant de pratique courante dans les pays tempérés où l'on traite ainsi plus de 20 000 t à la fois.

Dans certaines exploitations agricoles, où la teneur en eau dépasse le niveau de sécurité, l'aération empêche la croissance des moisissures car elle fait baisser la température du grain de 5 à 10 °C en 2 à 3 mois. À une teneur en eau dépassant 18 % (m/m), une odeur de moisi peut apparaître au bout de 5 à 6 mois, et les moisissures qui prolifèrent apparaissent sur environ 2 % des grains lorsque cette teneur dépasse 20 à 21 % (m/m), si la température extérieure est favorable. Si la teneur en eau est supérieure au niveau de sécurité, une ventilation continue avec un fort débit peut permettre un séchage lent pendant le stockage.

Si la teneur en eau du grain dépasse 17 % (m/m), sa valeur en sera affectée. Seules des températures proches du point de congélation peuvent empêcher la prolifération des acariens dans le cas où cette teneur dépasse le niveau de sécurité admissible pour un stockage normal.

7.2.2 Refroidissement à l'air réfrigéré

Ce procédé est plus rigoureux. Le grain doit être amené à la température désirée en peu de jours si l'on veut éviter les dégâts dus aux moisissures. Cette température dépend de la teneur en eau du grain, et ne devra pas être supérieure à 5 °C pour une teneur en eau de 20 % (m/m), soit le maximum recommandé pour le stockage réfrigéré. Bien que la prolifération des moisissures soit ainsi empêchée dans une large mesure, une infestation d'acariens peut se développer dans de telles conditions.

Sous un climat tempéré, les avantages d'un refroidissement par air réfrigéré par rapport à une aération avec l'air ambiant sont marginaux. Le stockage par réfrigération des grains à forte teneur en eau n'est pas praticable dans les pays tropicaux, bien qu'il soit possible d'utiliser une légère réfrigération pour abaisser la température d'une masse de grains secs au niveau (15 °C) permettant une lutte efficace contre la plupart des espèces d'insectes.

8 Conservation du grain lors de son transport

8.1 Transport de courte durée

Les transports de courte durée s'effectuent généralement par route, par voie ferrée, sur des allèges ou des péniches. Le grain peut être contenu dans le véhicule lui-même ou dans des conteneurs transportables.¹⁾ La quantité unitaire de grain transportée est relativement faible. Les véhicules et les conteneurs devront être propres, secs et exempts de mauvaises odeurs et d'infestation. Éviter tout apport d'eau sous quelque forme que ce soit.

Si le grain est conservé longtemps sans être inspecté dans des véhicules ou des conteneurs, l'infestation peut devenir un problème, et, si la teneur en eau est excessive, une importante activité microbiologique pourra se manifester.

8.2 Transport de longue durée : problèmes généraux

Le transport de longue durée s'effectue généralement par mer. La durée d'un voyage normal peut atteindre de 4 à 6 semaines, éventuellement prolongée par une avarie des machines du navire, etc. D'autres causes de retard peuvent provenir du déchargement par suite de l'encombrement dans un port, une fois le voyage terminé. Dans certains ports, des retards de plusieurs semaines ne sont pas rares et des retards allant jusqu'à 6 mois se sont produits. De tels retards sont particulièrement néfastes dans les pays chauds.

Les céréales et les légumineuses sont transportées en sacs ou en vrac; cette dernière forme de transport est actuellement la plus courante pour les céréales, alors que les légumineuses sont généralement transportées en sacs. Beaucoup de marchandises en sacs et quelques céréales en vrac sont transportées dans des conteneurs pour le transport des marchandises.

1) Voir les Normes internationales élaborées par l'ISO/TC 104, *Conteneurs pour le transport des marchandises*.

En général, les cales de navires jouent le rôle de silos ou d'entrepôts. Il est donc indispensable d'appliquer les principes de stockage exposés dans les chapitres précédents et de s'assurer, avant le chargement, que la cale à marchandises est propre, sèche et exempte d'infestation. Ainsi, tout sac utilisé, par exemple pour arrimer la cargaison, devra être propre et exempt de toute trace d'infestation par les insectes et les acariens. Le taux d'infestation de la cargaison elle-même devra se situer à un bas niveau. Les critères du niveau d'infestation admissible pour les cargaisons exportées varient suivant les pays exportateurs. Là où sont imposés des règlements, les chargements de céréales ou de légumineuses devront y être conformes. En l'absence de tels règlements, deux insectes adultes vivants par kilogramme constitueront un niveau d'infestation maximal (voir ISO 6322/3). La recherche et la détermination de l'infestation cachée dans les grains est également souhaitable (une Norme internationale traitant de ce sujet est en préparation).

La teneur en eau de la cargaison sera à un niveau suffisamment bas, à la température ambiante lors du chargement, pour qu'il ne se produise aucune activité microbiologique avant le déchargement. Pour s'assurer de cette situation, il est préférable d'appliquer les critères exposés dans l'ISO 6322/1. Cependant, on peut embarquer pour de courts voyages des céréales et des légumineuses dont la teneur en eau dépasse légèrement le maximum prescrit pour des produits destinés à un stockage prolongé. Les tolérances admissibles dépendront des conditions du voyage, de l'importance de la cargaison transportée dans chacune des cales à marchandises, etc. La teneur en eau de la cargaison peut avoir à se conformer à la réglementation des pays importateurs ou aux termes de contrats commerciaux.

8.3 Problèmes relatifs au trafic maritime

D'autres facteurs interviennent en expédiant de telles cargaisons, facteurs inconnus ou moins importants lorsqu'il s'agit de stockage à terre.

8.3.1 Stockage

En arrimant la cargaison à bord du cargo, il conviendra d'assurer non seulement la protection de celle-ci, mais également la sécurité du navire au cours de la traversée. Cette dernière nécessité est vitale. En effet, on peut procéder à l'arrimage de façon que la cargaison puisse éventuellement subir des avaries, alors que tel ne serait pas le cas si on l'avait arrimée de manière différente. À titre d'exemple, les règlements de la navigation des pays membres de la Conférence internationale pour la protection de la vie humaine en mer exigent que les cargaisons de céréales en vrac soient arrimées jusqu'à hauteur des panneaux d'écouille dont le contenu permettra d'obvier à tout déplacement éventuel de marchandises dans la cale. Néanmoins, il pourra arriver que le grain à proximité des hiloires d'écouille soit mouillé ou qu'une condensation se manifeste sur les parois de celles-ci par suite de modifications localisées du taux d'humidité.

Les règlements de la navigation, très complexes, sont strictement d'ordre maritime. Certains pays exportateurs exigent que les navires soient chargés en vertu de leurs règlements nationaux, d'autres pays en vertu des règlements des pays où le

navire est immatriculé. Toutefois, tous les règlements maritimes sont généralement soit analogues, soit identiques à ceux qui sont précisés dans le Rapport de la Conférence internationale pour la protection de la vie humaine en mer (1960) publié par l'Organisation intergouvernementale consultative de la navigation maritime (OMCI). Les cargaisons sont fréquemment contrôlées au cours du chargement, soit par les autorités portuaires, soit par des experts maritimes, afin de s'assurer que les marchandises sont conformes à la description qui en a été faite et que le navire, dûment arrimé, est en état de prendre la mer.

8.3.2 Variations de température et modifications localisées de l'humidité

Une fois les céréales et légumineuses arrimées à bord, la température ambiante ainsi que celle de l'eau de mer peuvent varier très rapidement, entraînant à leur tour des variations de température de la cargaison à sa périphérie et, par voie de conséquence, une humidité se déplaçant des zones les plus chaudes vers les plus fraîches. Cependant, de telles variations, au sein de la masse des grains, sont fort lentes.

Ces modifications localisées de la teneur en eau peuvent être très importantes; elles sont moindres pour le grain en vrac que pour les autres produits. Des denrées différentes peuvent varier considérablement à cet égard.

Des sources de chaleur, dues au navire lui-même, provenant, par exemple, des cloisons de la chambre des machines, des canalisations à vapeur et des dessus de réservoirs, peuvent provoquer des migrations d'humidité et favoriser l'infestation en conduisant à un échauffement spontané.

NOTE — Une considération plus détaillée de cet aspect est présentée dans l'ISO 6322/3.

Il est de pratique courante de calorifuger de telles sources de chaleur au moyen de revêtements en bois pour recouvrir les cloisons et dessus de réservoirs, et d'utiliser des calorifuges de types divers pour les canalisations susceptibles de s'échauffer.

8.3.3 Ventilation

Certains considèrent que la ventilation est utile pour minimiser les avaries dues aux modifications localisées de la teneur en eau. Cependant, la plupart des navires transportant des céréales et des légumineuses ne possèdent qu'un système de ventilation affectant seulement la surface du grain et que l'on ne peut utiliser pour refroidir ou sécher une cargaison. Dès lors, la ventilation ne peut être effective que pour minimiser les dommages affectant la surface. Au cours de ces dernières années, on en est venu, pour différentes raisons, à douter de son efficacité, et des statistiques récentes ont établi que le transport en vrac dans des bateaux-citernes, ne possédant aucun dispositif de ventilation, constituait encore la meilleure méthode de transport.

Si une ventilation est mise en œuvre, il est indispensable de s'assurer que le point de rosée de l'atmosphère de ventilation est inférieur à celui de l'atmosphère régnant dans les couches supérieures et au voisinage immédiat de la cargaison. Autrement, l'humidité de l'atmosphère de ventilation est absorbée par la cargaison. Bien que certains navires soient équipés d'un