

NORME INTERNATIONALE

ISO
6949

Première édition
1988-11-01



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

Fruits et légumes — Principes et techniques de la méthode d'entreposage en atmosphère contrôlée

*Fruits and vegetables — Principles and techniques of the controlled atmosphere method
of storage*

(standards.iteh.ai)

ISO 6949:1988

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/029b574a-8288-45ce-b56f-ded406e4963b/iso-6949-1988>

Numéro de référence
ISO 6949:1988 (F)

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 en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

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. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 6949 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 34, *Produits agricoles alimentaires*. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/029b574a-8288-45ce-b56f-ded406e4963b/iso-6949-1988>

L'annexe A de la présente Norme internationale est donnée uniquement à titre d'information.

Introduction

La prolongation à long terme de la période de conservation des fruits et légumes, tout en entraînant des pertes minimales, est étroitement liée à l'intensité du déroulement des processus métaboliques dans les produits, ainsi qu'au rythme de développement des agents pathogènes et des maladies physiologiques.

L'emploi de la méthode d'entreposage par réfrigération, associée à l'action dirigée de l'humidité relative de l'air dans les espaces d'entreposage, a comme résultat de réduire l'intensité respiratoire et la transpiration, de même que le développement de quelques maladies.

On peut cependant obtenir des résultats supérieurs par l'entreposage des fruits et des légumes en atmosphère contrôlée, qui est basé sur le maintien de la température et de l'humidité relative à des valeurs optimales; cette méthode implique également une régulation de la composition de l'air dans les espaces d'entreposage.

L'application de l'entreposage en atmosphère contrôlée, cumulant les effets de trois facteurs de base: température, humidité relative et composition de l'air, conduit généralement à une réduction de l'activité métabolique et, dans le cas des fruits climatériques (tels que pommes, poires, bananes, tomates etc.), éventuellement à un retard de l'apparition de la période climatérique. Une atmosphère à faible teneur en oxygène réduit la formation d'éthylène, alors que la combinaison d'une faible teneur en oxygène et d'une teneur élevée en dioxyde de carbone réduit les effets de l'éthylène. Par conséquent, il se produit un retard dans le processus de maturation, la valeur nutritive et la qualité commerciale sont maintenues et la période de conservation des produits peut être prolongée.

En outre, du fait de la diminution de la teneur en oxygène et de l'augmentation de la teneur en dioxyde de carbone, le développement de micro-organismes pathogènes et l'apparition de troubles physiologiques peuvent être retardés.

Les produits entreposés en atmosphère contrôlée doivent être de variétés et de qualités différentes de celles des produits entreposés dans des conditions normales.

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 6949:1988

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/029b574a-8288-45ce-b56f-ded406e4963b/iso-6949-1988>

Fruits et légumes — Principes et techniques de la méthode d'entreposage en atmosphère contrôlée

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit les principes et les techniques de la méthode d'entreposage des fruits et des légumes.

Elle s'applique à diverses espèces de fruits et légumes (notamment, pommes, poires et bananes). L'application de cette méthode est spécifique à chaque produit; en plus du maintien des limites optimales de température et d'humidité relative, la teneur en oxygène doit également être réduite à partir de 21 % (V/V) (teneur normale) et, implicitement, la pression partielle de ce gaz.

Une teneur en oxygène inférieure à 1,5 % (V/V) n'est toutefois pas recommandée, du fait qu'en l'absence d'une quantité suffisante d'oxygène, des processus de fermentation (respiration intracellulaire) et une coloration brunâtre des fruits et légumes peuvent apparaître.

Parallèlement, l'atmosphère est enrichie en dioxyde de carbone; toutefois, une teneur trop élevée en dioxyde de carbone [par exemple, dépassant 8 % (V/V) à 10 % (V/V)] peut provoquer, dans la plupart des cas, différentes maladies physiologiques (lésions dues au dioxyde de carbone) ayant pour effet une dépréciation qualitative ainsi que des pertes quantitatives.

2 Types d'atmosphères contrôlées

Sur le plan pratique, deux types d'atmosphères contrôlées peuvent être distingués.

2.1 Type 1

Atmosphère peu appauvrie en oxygène [18 % (V/V) à 11 % (V/V)] et plus ou moins enrichie en dioxyde de carbone [3 % (V/V) à 10 % (V/V)], telle que la somme des teneurs en oxygène et en dioxyde de carbone soit de 21 % (V/V).

EXEMPLE:

8 % (V/V) CO₂; 13 % (V/V) O₂; 79 % (V/V) N₂

Ce type d'atmosphère, appelée aussi atmosphère modifiée, est une conséquence de l'augmentation de la teneur en dioxyde de carbone par respiration naturelle du produit, et est de ce fait moins recommandé. La teneur en dioxyde de carbone ne peut être réduite que par ventilation avec l'air extérieur, ce qui entraîne un accroissement de la teneur en oxygène. Ce type d'atmosphère contrôlée est recommandé pour les pommes et peut être avantageux dans les pays tropicaux pour l'entreposage de courte durée, de fruits tels que les bananes.

2.2 Type 2

Atmosphère présentant

- une teneur en oxygène de 2 % à 4 % (V/V) [en moyenne, 3 % (V/V)] et une teneur en dioxyde de carbone de 3 % à 5 % (V/V), ou,
- une teneur en oxygène nettement réduite [1 % à 2 % (V/V)] et une teneur en dioxyde de carbone de 1 % à 2 % (V/V),

telle que la somme des teneurs en oxygène et en dioxyde de carbone soit inférieure à 21 % (V/V).

EXEMPLE:

3 % (V/V) CO₂; 3 % (V/V) O₂; 94 % (V/V) N₂

Un équipement technique spécial est nécessaire pour l'obtention de ces concentrations.

C'est le type d'atmosphère contrôlée le plus utilisé. D'une manière générale, il y a lieu de faire varier le mélange gazeux selon le type de produit, pour tenir compte

- de sa sensibilité à des concentrations trop élevées en dioxyde de carbone, ou à un manque d'oxygène;
- de son degré de maturité;
- de la période d'entreposage.

3 Mode de réalisation des atmosphères

Les atmosphères de composition différente de celle de l'atmosphère normale peuvent être réalisées dans des chambres d'entreposage spécialement aménagées, ou exceptionnellement dans des emballages appelés physiologiques, dont la perméabilité est calculée pour obtenir un mélange oxygène/dioxyde de carbone de composition spécifiée.

L'entreposage des produits en sacs ou dans des chambres munies de membranes semi-perméables en élastomère de silicone du type Marcellin et Letenturier représente une application de ce système.

Les chambres d'entreposage spécialement aménagées et l'emploi d'appareillage et d'installations adéquates permettent de produire une atmosphère contrôlée à des teneurs en dioxyde de carbone et en oxygène caractéristiques des produits à entreposer.

Des traitements de courte durée, à haute teneur en dioxyde de carbone, peuvent être appliqués à des produits spécifiques (par exemple Golden Delicious).

4 Chambres d'entreposage en atmosphère contrôlée

4.1 Capacité

La capacité des chambres est en général de plusieurs centaines de tonnes et peut atteindre 1 000 t de produit.

4.2 Étanchéité

La construction des chambres d'entreposage en atmosphère contrôlée est réalisée de façon à obtenir une étanchéité convenable permettant de maintenir, à l'intérieur, la composition de l'atmosphère désirée. Il n'est pas possible, dans la pratique, de réaliser des chambres d'une étanchéité absolue; des échanges gazeux entre l'intérieur et l'extérieur sont inévitables. Les chambres doivent être toutefois suffisamment étanches, de façon que le réglage des teneurs en oxygène et en dioxyde de carbone soit possible.

Il est donc important de connaître le taux de fuite maximal admis et de disposer d'une méthode permettant de vérifier si la construction répond bien à ce critère. (Le taux d'entrée de l'oxygène dans la chambre est directement proportionnel au taux de fuite.)

4.2.1 Étanchéité minimale

Il faut, en théorie, que le flux d'entrée de l'oxygène dans la chambre reste inférieur à la consommation respiratoire des produits entreposés.

Le flux d'entrée acceptable dépend donc du produit entreposé, de sa température, du mélange gazeux recherché, et des dispositifs annexes susceptibles d'être mis en œuvre pour le contrôler (par exemple, absorbeur d'oxygène ou sacs d'expansion).

Le flux d'entrée réel dans la chambre en fonctionnement est dû à une diffusion résultant de la différence de concentration des gaz et à une convection, par suite des différences de pression.

Ce sont surtout les échanges par convection qui doivent être éliminés. Dans la pratique de l'entreposage, les chambres à atmosphère contrôlée doivent fonctionner dans les conditions les plus difficiles, par exemple entreposage des pommes à 0° C, en atmosphère de type 2. Les critères d'étanchéité sont donc décrits pour ce cas, mais conviennent pour les autres utilisations.

4.2.2 Construction

L'étanchéité des chambres est obtenue en garnissant les parois, le plancher et le plafond d'un revêtement en aluminium ou en acier préfabriqué, de résines polyester, de résines époxydes ou de résines polyamides, renforcées par des fibres de verre, etc. L'épaisseur requise pour l'isolation dépend, en particulier, de la température extérieure, de la période d'entreposage et du coût de l'opération. Une solution avantageuse et techniquement supérieure est l'utilisation de panneaux «sand-

wich» montés sur des ossatures métalliques et qui assurent simultanément l'isolation thermique et l'étanchéité aux gaz. Les panneaux «sandwich» sont constitués d'une plaque extérieure en métal, en bois ou en plastique, d'une couche centrale de polyuréthane et d'une couche intérieure de résine polyester (une épaisseur totale pouvant atteindre environ 10 cm est conseillée).

Dans le cas des constructions à parois en béton comme dans le cas de l'emploi des panneaux «sandwich», la couche d'étanchéité aux gaz joue également le rôle de barrière pour les vapeurs. Pour faciliter les réparations, par exemple si des fissures apparaissent, la couche d'étanchéité aux gaz est généralement appliquée sur la surface intérieure de la paroi. Pour assurer l'étanchéité aux gaz, on peut également utiliser des peintures à base de résines plastiques, bitumes, papier goudronné, etc. Dans tous les cas, les matériaux d'étanchéité doivent

- être étanches aux gaz;
- ne pas dégager d'odeurs;
- résister à l'action des micro-organismes et de l'humidité;
- être d'application et de réparation faciles;
- être résistants aux chocs mécaniques;
- être résistants au feu;

- conserver leurs propriétés au cours des variations de température, d'humidité relative et de pression dans la chambre.

On peut considérer que l'étanchéité est convenable lorsque le rapport entre la quantité d'oxygène pénétrant dans la chambre et celle consommée par les produits entreposés est approximativement égal à 1.

L'étanchéité d'une chambre est améliorée

- lorsqu'elle est utilisée à température plus basse;
- lorsqu'elle est partiellement chargée en produits;
- lorsqu'elle contient des produits dont l'intensité respiratoire est particulièrement basse.

La fermeture des chambres d'entreposage est assurée par des portes thermoisolantes à garnitures en caoutchouc et à fermeture hermétique glissante, ou autre système hermétique.

La fixation des portes se fait à l'aide de boulons ou tout autre système de fermeture appliquant la garniture contre le cadre métallique fixé au mur assurant ainsi une fermeture étanche. Les portes sont munies de hublots permettant de regarder à l'intérieur de la chambre, ainsi que de portillons permettant l'accès à la chambre.

Toutefois, des hublots d'inspection disposés à un niveau supérieur à celui des produits contenus dans l'entrepôt peuvent être d'une plus grande utilité. Ces hublots sont pivotants, de manière à permettre l'accès à l'entrepôt au-dessus du niveau des produits, en vue de l'inspection de ces produits, des évaporateurs et de l'installation de refroidissement.

Un dispositif avertisseur, signalant la présence d'une atmosphère à faible teneur en oxygène, doit être placé à l'entrée de la chambre et à d'autres endroits appropriés.

4.3 Équilibrage des pressions

Entre la chambre et l'extérieur, des différences de pression sont créées par des ventilateurs, des installations de refroidissement et des dispositifs de régulation de la composition de l'atmosphère, ainsi que par des fluctuations de la pression atmosphérique extérieure. Une brusque chute de la pression de l'air dans la chambre peut occasionner le détachement de la couche d'étanchéité des parois et du plafond, nuisant ainsi à l'étanchéité de la chambre. Il s'ensuit que les chutes de pression ne doivent pas être supérieures à 1 mm H₂O (9,8 Pa). Pour éviter les grandes fluctuations de pression, les portes des chambres à atmosphère contrôlée doivent être hermétiquement fermées dès que la température d'entreposage est atteinte.

Dans ce même but, dans chaque chambre à atmosphère contrôlée sont fixées des valves de pression. Celles-ci sont constituées de tuyaux de diamètre approprié qui relient l'intérieur de la chambre à l'extérieur. La partie extérieure est courbée et pénètre d'environ 4 mm dans un récipient contenant de l'eau, et éventuellement de l'antigel. Par exemple, pour une chambre de conservation de 2 000 m³, il est nécessaire d'avoir deux valves ayant un tube de 15 cm de diamètre.

Les valves de pression fonctionnant selon le système du siphon assurent l'égalisation de la pression. Si la pression extérieure est plus faible, le mélange gazeux sort de la chambre sans modifier la composition de l'atmosphère intérieure, tandis que, si la pression extérieure est plus élevée, l'air pénètre dans la chambre jusqu'à l'équilibre, provoquant une modification de la composition de l'atmosphère dans la chambre.

Pour éviter les fluctuations de pression dans de petits entrepôts, on peut également employer des sacs en matière plastique imperméables remplis de gaz et ayant un volume correspondant à 5 % - 7 % du volume de gaz à l'état libre dans la chambre (ou un pourcentage correspondant du volume de la chambre). Les sacs, reliés à la chambre par un tuyau de gros diamètre, se dilatent lorsque la pression augmente et se contractent lorsque la pression décroît, régularisant ainsi la pression à l'intérieur de la chambre.

Les sacs réclament beaucoup d'espace et leur détérioration peut être une cause supplémentaire de fuite.

Les parois des chambres sont traversées par des tuyauteries pour les installations frigorifiques, le prélèvement pour le contrôle de l'air, la régulation de la composition de l'air, le circuit électrique, etc. Les zones de passage des câbles et des tuyaux doivent être très soigneusement rendues étanches.

4.4 Essai d'étanchéité

La vérification de l'étanchéité des chambres est effectuée lors de l'entrée en service des chambres et ensuite chaque année avant le commencement de l'entreposage, en vue de détecter d'éventuelles fissures.

Pour l'essai d'étanchéité on peut utiliser les méthodes suivantes (4.4.1 et 4.4.2).

4.4.1 Méthode par convection basée sur l'étude de la variation de la pression

L'essai est effectué dans une chambre vide, à température constante, les ventilateurs étant arrêtés.

Fermer hermétiquement les portes, et créer une surpression de 15 mm H₂O à 25 mm H₂O (147 Pa à 245 Pa), en utilisant des pompes à air indépendantes ou celles existant déjà dans les installations pour la régulation de la composition de l'atmosphère. Mesurer le temps nécessaire pour obtenir cette surpression.

Ce temps donne une indication sur l'étanchéité des chambres qui peut être très bonne, bonne ou insuffisante.

Une variante de cette méthode consiste à apprécier l'étanchéité en fonction du temps minimal nécessaire pour que la surpression créée soit annulée. Le temps varie entre 10 min et 70 min en fonction des dimensions de la chambre et du produit entreposé.

Une autre variante consiste à mesurer le temps nécessaire pour que la surpression initiale réalisée dans la chambre baisse de moitié. Ce temps (dans des conditions convenables de température constante) doit dépasser 10 min ou 12 min, pour que la chambre soit acceptable.

En pratique, il est recommandé d'apprécier l'étanchéité en fonction du chiffre atteint à partir d'une pression de 10 mm H₂O (98,1 Pa) au bout de 30 min.

Le résultat de l'appréciation permet de classer la chambre comme

- très bonne [augmentation de pression supérieure à 3,4 mm H₂O (33,3 Pa)]
- bonne [augmentation de pression de 1 mm H₂O à 3,4 mm H₂O (9,8 Pa à 33,3 Pa)]
- insuffisante [augmentation de pression inférieure à 1 mm H₂O (9,8 Pa)].

La méthode par convection peut être également utilisée pour mesurer l'étanchéité des chambres, à l'aide de sacs remplis de gaz, si ces sacs peuvent être isolés par une valve.

4.4.2 Méthode par diffusion basée sur la diffusion du dioxyde de carbone provenant de la chambre préalablement refroidie

Cette méthode est particulièrement appropriée aux chambres avec des sacs remplis de gaz pour lesquelles la méthode par convection n'est pas utilisable. Une teneur connue en dioxyde de carbone est établie dans la chambre. Les modifications intervenant dans les teneurs en dioxyde de carbone et en oxygène sont alors déterminées en continu.

Par exemple, une teneur en dioxyde de carbone de 15 % (V/V) est créée dans la chambre [ce qui donne une teneur en oxygène de 6 % (V/V) dans la chambre].

Si au cours de 24 h, la teneur en dioxyde de carbone ne baisse pas de plus de 1 % (V/V) et si la teneur en oxygène ne s'élève pas de plus de 0,25 % (V/V) pendant le fonctionnement des ventilateurs, on considère que l'étanchéité est convenable.

4.5 Détection des défauts d'étanchéité

Pour détecter les fissures ou les zones de mauvaise étanchéité, procéder comme suit.

Créer dans les chambres une dépression ou une surpression d'environ 10 mm H₂O (98,1 Pa), avec les portes hermétiquement fermées et la ventilation arrêtée. Faire localiser par une personne se trouvant à l'intérieur ou à l'extérieur de la chambre, l'endroit par où l'air pénètre, de la façon suivante :

- fumée produite dans la chambre, circulant dans une direction particulière;
- sifflement qui dénote l'intrusion ou la sortie de l'air dans la chambre;
- appliquer une solution d'eau savonneuse, à l'aide d'un pinceau, sur les zones suspectes et observer l'apparition de bulles d'air;
- déterminer les zones suspectes où le passage de l'air fait s'allonger la flamme d'une bougie.

4.6 Remise en état

Les chambres dont l'étanchéité n'est pas satisfaisante doivent subir des opérations de remise en état avant l'entreposage des produits.

Aux zones ayant des défauts d'étanchéité, il convient d'appliquer des mastics au silicone ou au polyuréthane.

Éliminer les défauts par remplacement des revêtements des parois (acier, aluminium, etc.). En cas d'isolation avec des résines polyester, coller ensemble des morceaux de tissu en fibres de verre et appliquer dessus deux ou trois couches de résines.

Après avoir effectué cette remise en état, il est recommandé de vérifier une nouvelle fois l'étanchéité des chambres.

5 Régulation de la température et de l'atmosphère

5.1 Régulation de la température

Pré-refroidir le produit immédiatement après la récolte. Le temps de remplissage et la vitesse de refroidissement déterminent la taille maximale des chambres à atmosphère contrôlée.

5.2 Régulation de l'atmosphère

La régulation de l'atmosphère suit immédiatement la régulation de la température des produits.

Afin de réaliser, maintenir et vérifier l'atmosphère contrôlée dans les chambres d'entreposage, des méthodes différentes peuvent être utilisées en fonction de l'équipement disponible (convertisseurs, épurateurs, générateurs d'atmosphère contrôlée, analyseurs, etc.).

5.2.1 Régulation de la teneur en oxygène

La teneur en oxygène de l'atmosphère [21 % (V/V)], au niveau des chambres d'entreposage en atmosphère contrôlée, peut être réduite, en raison de la respiration des produits, ou à l'aide d'installations spécialisées.

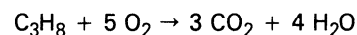
5.2.1.1 Réduction de la teneur en oxygène par la respiration

Au cours de la respiration, l'oxygène est consommé et du dioxyde de carbone, de l'eau et de la chaleur sont produits. La réduction de la teneur en oxygène est donc déterminée, dans ce cas, par l'intensité de la respiration des produits entreposés, la capacité de la chambre d'entreposage, le degré de remplissage de cette dernière, etc. Dans une chambre d'une capacité de 300 t de pommes, une teneur en oxygène de 2 % (V/V) à 3 % (V/V) peut être obtenue en une vingtaine de jours. Au cours de la période d'entreposage, l'ouverture des portes est à déconseiller étant donné que, pour réduire à nouveau la teneur en oxygène, une plus longue période de temps est nécessaire et que la variation dans la composition chimique de l'air est défavorable aux produits entreposés.

5.2.1.2 Réduction de la teneur en oxygène à l'aide de convertisseurs

Les convertisseurs sont utilisés pour réduire la teneur en oxygène à 2 % (V/V) - 4 % (V/V) en 2 à 3 jours. Leur fonctionnement est basé sur la consommation de l'oxygène par la combustion d'hydrocarbures ou par combinaison de l'oxygène avec l'hydrogène provenant de la décomposition de l'ammoniac (NH₃) (cette réduction de l'oxygène nécessite 2 ou 3 jours).

La consommation de l'oxygène par la combustion des hydrocarbures a lieu suivant la réaction :



La combustion a lieu à des températures élevées, puis l'atmosphère enrichie en dioxyde de carbone est refroidie et traverse un absorbeur de dioxyde de carbone, ou bien est introduite directement dans la chambre.

Ces installations fonctionnent généralement en cycle fermé ou ouvert; l'atmosphère prélevée dans la chambre ou à l'extérieur, passe sur le catalyseur chauffé puis, après avoir été appauvrie en oxygène, est refoulée à l'intérieur.

En pratique, différents types de convertisseurs sont utilisés.

5.2.2 Régulation de la teneur en dioxyde de carbone

Durant la conservation, par suite du processus de respiration des produits, le dioxyde de carbone s'accumule dans les chambres. Pour le maintien constant de la teneur à une valeur optimale, on utilise différents types d'appareils dénommés « adsorbants » ou « épurateurs », permettant d'abaisser la teneur en dioxyde de carbone jusqu'à la valeur désirée.

Ces appareils fonctionnent sur le principe de l'adsorption physique ou de l'absorption chimique du dioxyde de carbone.

5.2.2.1 Adsorption par voie physique

Pour l'adsorption par voie physique, on utilise comme substances adsorbantes le charbon actif, les zéolithes, etc. dont l'efficacité dépend de la capillarité, la porosité et la nature de l'adsorbant et de la méthode d'activation.

Le fonctionnement de ces adsorbants comprend deux phases, à savoir:

- adsorption: l'atmosphère aspirée de la chambre pénètre dans un espace réactionnel où le dioxyde de carbone est retenu par l'adsorbant. Après avoir été appauvrie en dioxyde de carbone, l'atmosphère est renvoyée dans la chambre d'entreposage;
- régénération: la régénération de l'adsorbant s'effectue par passage d'un courant d'air à travers l'adsorbant qui entraîne le dioxyde de carbone et le refoule à l'extérieur.

Ces deux phases ont lieu pendant des périodes bien déterminées, le passage de l'une à l'autre étant commandé par un relais temporisateur.

Certains adsorbants utilisant des zéolithes sont munis de tamis moléculaires.

5.2.2.2 Absorption par voie chimique

L'élimination du dioxyde de carbone s'effectue avec diverses substances chimiques (carbonate de potassium, hydroxyde de sodium, éthanolamine, hydroxyde de calcium, etc.). Cependant, leur efficacité et leur précision réduites en limitent l'utilisation.

On distingue:

- l'absorbant à (mono-, di- ou tri-) éthanolamine: l'absorption du dioxyde de carbone se fait par voie chimique ou physique. On obtient des solutions de carbonates et de bicarbonates, qui, par chauffage, libèrent le dioxyde de carbone, en se régénérant.
- les adsorbants à carbonate de potassium, basés sur la réversibilité de la réaction du produit avec du dioxyde de carbone. Dans un premier compartiment s'effectue la formation du bicarbonate de potassium par capture du dioxyde de carbone de l'air passant dans la chambre, puis la solution est régénérée dans un autre compartiment par libération du dioxyde de carbone dans l'air extérieur. Le processus est continu.
- l'absorbant dans lequel l'hydroxyde de calcium anhydre réagit avec du dioxyde de carbone pour produire du carbonate ou du bicarbonate de calcium. Lorsque l'hydroxyde de calcium ne réagit plus, il est remplacé par le produit fraîchement préparé.

5.2.3 Générateurs d'atmosphère

Ce sont des installations constituées par un convertisseur d'oxygène et un adsorbant. Ces installations fonctionnent simultanément au cours de la période de la conservation; l'absorbant de dioxyde de carbone peut également être utilisé seul.

La combustion catalytique de l'oxygène a lieu dans le convertisseur, et le mélange gazeux obtenu (riche en azote et en dioxyde de carbone) est refroidi et ensuite envoyé à l'adsorbant qui adsorbe le dioxyde de carbone. Le mélange gazeux qui en résulte est refoulé dans la chambre.

NOTE — La combustion catalytique de l'oxygène peut également entraîner une réduction de la teneur en éthylène de l'atmosphère.

L'atmosphère générée contient 1 % (V/V) à 1,5 % (V/V) d'oxygène, 2 % à 5 % (V/V) de dioxyde de carbone, la différence étant constituée par l'azote. Les teneurs en dioxyde de carbone et en oxygène peuvent être réglées si nécessaire.

On distingue deux types de générateurs:

- a) les générateurs à cycle ouvert utilisant l'air provenant de l'extérieur; après combustion et fixation du dioxyde de carbone, le mélange gazeux est refoulé, à l'aide d'un ventilateur, dans la chambre, ce qui crée une surpression déplaçant une partie de l'atmosphère existant dans la chambre;
- b) les générateurs à cycle fermé, reprenant l'air de la chambre d'entreposage, lesquels abaissent progressivement la teneur en oxygène, éliminent le dioxyde de carbone produit et font circuler l'effluent à travers la chambre, jusqu'à l'obtention de la composition désirée.

5.2.4 Réalisation de l'atmosphère contrôlée par des échangeurs-diffuseurs

Les échangeurs-diffuseurs peuvent être utilisés pour la régulation de la composition de l'atmosphère. Ils utilisent le principe de la différence de vitesse de diffusion de l'oxygène, du dioxyde de carbone et de l'azote à travers une membrane d'élastomère de silicone à propriétés sélectives pour les composés gazeux.

Le passage de l'air à travers l'échangeur-diffuseur favorise la diffusion et permet d'obtenir automatiquement les concentrations en dioxyde de carbone et en oxygène aux valeurs fixées pour la membrane d'élastomère de silicone utilisée [par exemple 5 % (V/V) de dioxyde de carbone; 2 % (V/V) à 3 % (V/V) d'oxygène et 92 % (V/V) à 93 % (V/V) d'azote].

Dans ce cas, la concentration désirée de l'atmosphère est obtenue après une période de temps plus longue, conséquence des processus métaboliques normaux.

Ces membranes sont des sacs de capacités diverses qui peuvent être fixés à l'intérieur ou à l'extérieur des chambres ou reliés à l'extérieur par l'intermédiaire de tuyaux.

La superficie de la membrane dépend du volume du gaz dans la chambre.

6 Maintien de la composition de l'atmosphère contrôlée

Lorsque les taux désirés d'oxygène ou de dioxyde de carbone ont été obtenus, il est nécessaire de recourir à divers procédés pour maintenir constante la composition.