

Jan E. Duiven est spécialiste de l'industrie laitière. Il a débuté sa carrière dans ce domaine avant de devenir expert, dans le même domaine, au Ministère de l'agriculture des Pays-Bas à La Haye, puis Chef de Projet dans le domaine des additifs alimentaires. Jan Duiven a débuté dans le domaine de l'entreposage frigorifique en 1973, date à laquelle il est devenu Directeur d'un entrepôt frigorifique. Il a été président de l'Association néerlandaise des entrepôts frigorifiques de 1980 à 2000 et secrétaire/trésorier de l'Association néerlandaise du froid (1991 à 1997) ; actuellement il est membre honoraire de cette dernière. Jan Duiven a été président de l'European Cold Storage and Logistics Association (ECSLA) de 1992 à 1995.

Philippe Binard est secrétaire général d'ECSLA, l'European Cold Storage and Logistics Association depuis 1991. Il est actif dans cette association depuis 1987.

L'ECSLA regroupe des associations nationales de logistique des températures contrôlées à travers l'Europe, représentant une capacité totale d'entreposage de 40 millions de m³. Les activités de l'ECSLA sont structurées au sein de plusieurs comités dont le Comité des Affaires européennes, un Comité technique et un Comité logistique. M. Theo Callaert, de chez Vanden Avenue Cold Store en Belgique, est président de l'ECSLA.

Entreposage frigorifique : nouveaux développements

par

Jan E. Duiven* et Philippe Binard**

*Ancien Président de l'European Cold Storage and Logistics Association (ECSLA), Bruxelles, Belgique : duiven@tref.nl

**Secrétaire général d'ECSLA : info@ecsla.be

INTRODUCTION

Les entrepôts frigorifiques sont des locaux où on entrepose et manipule des denrées périssables sous des conditions de température contrôlée en cherchant à préserver la qualité. On peut conserver des produits alimentaires sous forme réfrigérée (à une température positive, c'est-à-dire au-dessus de 0°C) ou sous forme congelée (à une température négative, c'est-à-dire en dessous de 0°C). Pour certains produits, outre le contrôle de la température, on a besoin de modifier d'autres paramètres : pour les produits vivants (par exemple des fruits), la teneur en humidité et/ou la composition de l'atmosphère environnante doivent être modifiées également. L'entreposage sous atmosphère contrôlée ou sous des conditions de très faible teneur en oxygène (ULO [Ultra-Low-Oxygen]) font partie des technologies disponibles.

Il existe deux catégories d'entrepôts frigorifiques : ceux appartenant au producteur (de produits alimentaires) ou au détaillant, et ceux appartenant à une société indépendante. On appelle les entrepôts frigorifiques se situant dans la première catégorie des "entrepôts frigorifiques privés." Par contre, les entrepôts frigorifiques appartenant à des tiers sont considérés comme faisant partie des entrepôts frigorifiques "publics" (ou commerciaux). Dans cet article, nous ne traiterons que des entrepôts frigorifiques publics.

Les entrepôts frigorifiques publics constituent l'un des maillons dans la chaîne du froid allant du producteur au consommateur. La position occupée par l'entrepôt frigorifique dans cette chaîne varie. Les entrepôts frigorifiques utilisés au niveau de la production entrent en jeu au début de la chaîne alors que les entrepôts frigorifiques utilisés pour la distribution interviennent à la fin de la chaîne du froid. Les entrepôts frigorifiques portuaires constituent un cas à part et jouent un rôle important dans l'entreposage en vrac de marchandises en transit. Enfin, les entrepôts frigorifiques publics sont utilisés par les administrations afin d'entreposer les surplus agricoles (beurre et bœuf par exemple) dans le cadre de la politique agricole, notamment en Europe.

La plupart des entrepôts frigorifiques fournissent également des services allant au-delà du simple entreposage. Ces services constituent ce qu'on appelle la Valeur Ajoutée Logistique et peuvent comprendre : la congélation des produits alimentaires frais, l'emballage, le transport, la préparation des commandes, la distribution, et la gestion des stocks. Cette panoplie de services montre que les opérations d'entreposage frigorifique ne se limitent plus au seul entreposage, mais comprennent un éventail important d'activités très diverses, nécessitant une conception et une configuration spécifiques des bâtiments utilisés. Dans cet article, nous allons examiner les nouveaux développements intervenus au cours des dernières années.

I. CONSTRUCTION ET CONFIGURATION DES BATIMENTS

La plupart des chambres froides sont construites pour fonctionner en tant que chambres autonomes, avec une charpente métallique recouverte de panneaux isolants préfabriqués. On utilise surtout des mousses synthétiques telles que le polyuréthane ou le polyisocyanurate pour assurer l'isolation, sans oublier le pare-vapeur. L'agent d'expansion utilisé pour créer ces nouvelles mousses ne doit pas contenir de (H)CFC. Parfois, afin d'assurer des propriétés anti-incendie, on applique des revêtements incombustibles aux murs extérieurs des chambres (par exemple un revêtement en béton). La charpente métallique est la partie la plus vulnérable du bâtiment en cas d'incendie. Une fois une certaine température atteinte, la charpente s'effondrera. On a développé un revêtement spécifique afin de protéger les charpentes contre l'incendie ; il faut appliquer ce revêtement à la charpente avant refroidissement des locaux. Si la température augmente, le revêtement forme aussitôt une couche de mousse. En cas d'incendie, la stabilité de la construction en acier est alors protégée pendant un certain temps.¹ Dans un bon nombre de pays, la superficie ou le volume de chaque chambre est limité afin de respecter la réglementation anti-incendie en vigueur sur le plan local.

Aujourd'hui, afin de réduire la consommation d'énergie, on tend à augmenter l'épaisseur du matériau isolant. On recommande des parois d'une épaisseur de 200 mm dans les locaux utilisés pour l'entreposage frigorifique de produits alimentaires congelés, alors que pour l'entreposage de produits alimentaires réfrigérés, on préconise une épaisseur de 140 mm. On doit porter une attention particulière à la toiture : pour empêcher une pénétration excessive de chaleur due à l'ensoleillement, on conseille l'installation d'une deuxième toiture pare-soleil comportant un vide ventilé. On se penche de plus en plus sur l'étanchéité des chambres froides afin de prévenir les pertes de froid et l'entrée de l'humidité. On peut conclure que les politiques destinées à assurer des économies d'énergie ont donné lieu à une qualité accrue des bâtiments utilisés pour l'entreposage frigorifique.

En général, les marchandises sont emballées dans des cartons et palettisées. La vitesse de rotation des stocks, la variété des produits traités et le taux d'occupation déterminent les techniques d'entreposage adoptées. Les technologies mises en œuvre peuvent comprendre des palettiers fixes ou des palettes mobiles. Un chariot élévateur classique à fourche peut assurer l'empilage des palettes sur 5 niveaux, ce qui veut dire que la hauteur maximale d'un entrepôt devrait avoisiner 10 m. On utilise parfois des véhicules guidés automatiquement pour les transports horizontaux.²

Les entrepôts frigorifiques de grande hauteur peuvent atteindre des hauteurs de 40 m, nécessitant l'utilisation de transstockeurs. De tels entrepôts sont complètement automatisés, ce qui jusqu'à présent était rare. Pour la manutention automatisée des marchandises en palettes, les paquets modulaires et les palettes modulaires normalisées sont les plus adaptées. On peut aussi citer la manutention des marchandises non palettisées, telles que les quartiers de bœuf, qui nécessitent des équipements adaptés.

En général, pour déplacer les palettes vers l'intérieur ou l'extérieur des entrepôts frigorifiques, on utilise des chariots élévateurs à fourche, et on équipe les locaux de portes coulissantes automatiques. Une nouveauté : l'utilisation de convoyeurs de palettes associés à deux petites portes et un sas d'air. Le chariot élévateur reste à l'intérieur de la chambre froide en permanence. Seules les batteries sont chargées à l'extérieur et échangées de temps à autre. Les chariots élévateurs sont de plus en plus souvent équipés de cabines chauffées afin de protéger le conducteur du froid. De telles pratiques diminuent de façon marquée la pénétration de chaleur et de vapeur vers l'intérieur des entrepôts frigorifiques.

II. CONGELATION DES PRODUITS ALIMENTAIRES

Bon nombre d'entrepôts frigorifiques sont équipés d'installations permettant de congeler des produits alimentaires frais, tels que la viande fraîche. On utilise très souvent des systèmes de congélation par air forcé (des tunnels) et des systèmes de congélation par contact (congélateurs à plaques). Ces techniques ont récemment enregistré des progrès.

Congélateurs à air forcé

Les conditions de congélation optimales sont les suivantes :

- des températures d'air allant jusqu'à -40°C
- une vitesse d'air allant jusqu'à: 4 m/s
- un écoulement d'air approprié sur le produit.

Très souvent, on emballe les produits dans des cartons avant de les congeler. On peut régler la vitesse de l'air entre les couches de cartons à l'aide d'écarteurs. On doit optimiser le profil et l'épaisseur de ces écarteurs. En général, il faut utiliser une épaisseur allant jusqu'à 70 mm afin d'obtenir une vitesse d'air suffisante sur les cartons.³ Les temps de congélation sont de 16 à 30 heures, selon le type de produit, la nature de l'emballage (produits en vrac ou emballés), le ratio surface/poids, et d'autres paramètres.

On peut aller plus loin dans l'optimisation du processus de congélation en régulant le compresseur et les ventilateurs de façon intermittente afin de régler la production de froid à la demande au cours de ce processus.⁴

On peut installer un robot afin de faciliter le chargement et le déchargement des produits dans un tunnel de congélation. L'utilisation d'un robot constitue un avantage : on peut transformer une méthode de congélation par air forcé par lots en procédé continu. Le robot place les produits dans le tunnel et les enlève à la fin de la congélation. On peut démarrer la congélation des produits dès leur réception, et on peut programmer le processus et récupérer la palette aussitôt que la phase de congélation est terminée. On peut également programmer le dégivrage des évaporateurs et effectuer ce dégivrage moins souvent qu'avec les méthodes traditionnelles. La consommation d'énergie par tonne de produit sera inférieure. Un dernier avantage qui n'est pas le moindre : le personnel n'a plus à travailler dans des conditions de basses températures.

Congélateurs à plaques

Les congélateurs à plaques verticaux sont particulièrement adaptés aux produits d'un petit volume tels que les produits issus des abattoirs (abats, foies, etc.) et le poisson. Lorsqu'on emploie des congélateurs à plaques étanches, des liquides tels que le jus d'orange ou le sang peuvent également être congelés. Ces équipements permettent de diminuer les temps de congélation et la consommation d'énergie, en comparaison avec la congélation par air forcé, grâce à un transfert de chaleur plus élevé et à l'absence de ventilateurs. Pour une épaisseur de produit de 100 mm, on peut réaliser la congélation en 3,5 heures.⁵ Avec des congélateurs à plaques, on peut congeler des produits en vrac afin de former des blocs qui sont ensuite palettisés, facilitant la manutention ultérieure. On peut réaliser ainsi des économies, en termes de matériaux d'emballage et de place occupée dans les locaux d'entreposage. Il existe des équipements (semi-)automatiques pour charger et décharger les congélateurs.

III. HYGIENE DES PRODUITS ALIMENTAIRES ET TEMPERATURES

Hygiène

On a pu accroître le niveau d'hygiène dans les entrepôts frigorifiques à l'aide de la mise en place de la méthode HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points [analyse des risques et maîtrise des points critiques]), qui, en Europe occidentale, est réglementaire. L'objectif est d'assurer la sécurité alimentaire. L'introduction de la méthode HACCP comporte deux phases : (1) l'analyse des risques et (2) la maîtrise des points critiques. La première phase inclut l'identification d'éventuelles sources de nocivité: celles-ci peuvent être biologiques, chimiques ou physiques. La deuxième phase comporte une procédure permettant l'application du contrôle et l'élimination, ou la réduction à des niveaux acceptables, des risques alimentaires (*Directives du Codex Alimentarius*, 1993).

L'introduction de l'HACCP dans le secteur agro-alimentaire, y compris dans les entrepôts frigorifiques, nécessite un degré important de participation du personnel. Cependant, une fois la méthode HACCP introduite avec succès, une installation peut être certifiée par une autorité compétente. L'application de l'HACCP deviendra obligatoire dans l'avenir à toutes les étapes de la chaîne alimentaire. D'autres systèmes, tels que les bonnes pratiques de fabrication, peuvent se substituer à l'HACCP. Parfois on utilise une méthode HACCP ainsi qu'un système d'assurance qualité fondé sur les exigences définies par la norme ISO série 9000. Dans la pratique, les méthodes HACCP sont particulièrement utiles dans les

locaux frigorifiques où on manipule des produits frais non emballés, par exemple de la viande. Les exigences principales sont :

- des quais de chargement/déchargement des marchandises fermés ;
- des murs et plafonds blancs et faciles à nettoyer dans les salles de fabrication ;
- des jonctions arrondies entre les murs et les sols ;
- un bon écoulement des eaux ;
- un niveau d'hygiène du personnel élevé ;
- des toilettes et lavabos propres ;
- un système de désinfection des salles et des équipements approprié ;
- une configuration des pièces permettant d'éviter la contamination avec d'autres produits ;
- un système de suivi efficace.

Température des produits alimentaires

Il est nécessaire d'assurer une température appropriée et constante des produits alimentaires tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Dans ce domaine, les exigences en termes de températures sont définies par la réglementation. Cette réglementation varie selon la nature du produit alimentaire (d'origine animale ou végétale), l'état (réfrigéré ou congelé), et selon que le produit est transformé ou non.

On peut assister à une perte de qualité organoleptique des produits congelés lorsque la température est trop élevée. Certaines denrées congelées contenant de la matière grasse peuvent développer un goût rance dû à l'oxydation des matières grasses lorsque la hausse de température dure trop longtemps et/ou est trop élevée ; les crèmes glacées peuvent devenir granuleuses suite à des fluctuations de température trop importantes. Dans le cas des produits alimentaires réfrigérés, il ne s'agit pas seulement d'une diminution de la qualité due aux températures trop élevées : la sécurité du consommateur peut en pâtir également. Il peut aussi y avoir une contamination par des bactéries produisant des toxines. Les micro-organismes les plus notoires dans cette catégorie sont les espèces suivantes: *Listeria monocytogenes* et *Yersinia enterocolitica*. Ces micro-organismes peuvent se multiplier à des températures relativement basses, car il s'agit d'espèces psychrophiles. A une température de 2°C, ces micro-organismes peuvent se multiplier, mais à une température de 7°C, ce qui constitue une température souvent appliquée lors des transports et de l'entreposage de courte durée, la vitesse de développement peut doubler.

Certains fabricants ou détaillants de produits alimentaires exigent des températures qui sont inférieures à celles requises par la législation afin d'avoir la certitude que les exigences en termes de températures sont respectées tout au long de la chaîne du froid. De nos jours, les transports maritimes de viande réfrigérée se font à une température de -1°C : on peut ainsi conserver la qualité de la viande pendant plusieurs semaines. L'utilisation des emballages sous vide ou à atmosphère modifiée (MAP), pour les produits réfrigérés et vivants tels que les fruits et légumes, est en expansion. Dans ce type d'emballage, on remplace partiellement ou totalement l'air par le CO₂ ou l'azote. En même temps, il est indispensable de pratiquer un contrôle de température rigoureux. L'objectif est d'éviter les inconvénients des produits alimentaires congelés, y compris la décongélation.

IV. EFFICACITE ENERGETIQUE

La consommation d'énergie électrique des entrepôts frigorifiques existants est de 30 à 50 kWh/m³/an pour l'entreposage. Cette consommation est fonction de la qualité des locaux, des activités (entreposage frigorifique de denrées réfrigérées ou congelées), de la taille des chambres, de la vitesse de rotation des stocks, de la température des produits entrants, de la température extérieure, etc. Le coût total de l'énergie électrique est de l'ordre de 10 à 15% des coûts de fonctionnement totaux d'un entrepôt. Les objectifs des mesures destinées à améliorer l'efficacité énergétique (EE) sont doubles : réduire les coûts et protéger l'environnement.

On a nettement amélioré l'EE des entrepôts frigorifiques récemment. Pour les locaux existants, on a réalisé cette amélioration en appliquant des bonnes pratiques. Ces pratiques impliquent une isolation renforcée, des moteurs efficaces, des différences de pression réduites (entre l'évaporation et la condensation), une meilleure gestion de l'ouverture et de la fermeture des portes, ou des portes

automatiques, des systèmes électromécaniques de contrôle améliorés, ainsi que d'autres mesures.⁶ De cette manière, on peut améliorer l'EE de 20 %, par rapport à celle obtenue avec des pratiques courantes.

On peut obtenir des résultats encore plus spectaculaires grâce à une conception et une construction plus appropriées des entrepôts frigorifiques neufs. On peut mettre l'accent sur les éléments suivants :

- utilisation de matériaux d'isolation de sols, de murs et de plafonds plus épais ;
- utilisation de convoyeurs pour l'entrée et la sortie des palettes munis de sas étanches au lieu de portes ;
- sélection des compresseurs et frigorigènes optimaux ;
- sélection appropriée des composants et procédés frigorifiques ;
- application d'une régulation de vitesse permettant aux compresseurs de fonctionner de façon optimisée lors du refroidissement et du contrôle des vitesses des ventilateurs ;
- utilisation de détendeurs électroniques ;
- dimensionnement optimal des tuyauteries et de l'isolation ;
- utilisation de dispositifs d'éclairage améliorés ;
- dégivrage à gaz chaud ;
- système de contrôle par ordinateur, permettant le suivi et le traitement des données.

Ces mesures peuvent augmenter l'EE calculée d'environ 50 %, par rapport aux pratiques courantes. Il faut comparer l'investissement de capitaux supplémentaires et les économies d'énergie afin d'assurer la rentabilité du fonctionnement des entrepôts frigorifiques. Cependant, dans un bon nombre de pays, les investissements dans les programmes visant à réaliser des économies d'énergie sont encouragés par des subventions de l'Etat. Les modèles de calcul des coûts existants peuvent être utiles afin de prendre les décisions les plus appropriées.⁷

Les équipements utilisés pour congeler les matières premières consomment beaucoup d'énergie. Les chiffres indiquent que les congélateurs à air forcé consomment 70 à 130 kWh/tonne de produit ; pour les congélateurs à plaques, on avance des chiffres de 60 à 100 kWh/tonne.⁸

On peut augmenter nettement l'EE par l'optimisation des procédés de congélation. Le Coefficient de Performance (COP) du compresseur, ou du système tout entier (COSP), si on arrive à le définir, constituent des indicateurs utiles.

V. FRIGORIGENES

On a beaucoup débattu des vertus et des inconvénients des frigorigènes au cours de ces 20 dernières années. Une partie de l'industrie utilise l'ammoniac (R717), alors que d'autres industriels ont opté pour les chlorofluorocarbures (surtout le R22).

Aujourd'hui, afin de protéger l'environnement, l'Ozone Depletion Potential (ODP [potentiel d'appauvrissement de l'ozone]), le Global Warming Potential (GWP [potentiel de réchauffement planétaire]) et le Total Equivalent Warming Impact (TEWI) sont devenus les critères clés lors du choix des frigorigènes.

L'ammoniac (NH₃), un frigorigène connu de longue date, est respectueux de l'environnement (zéro ODP et zéro GWP) et possède d'excellentes propriétés thermodynamiques. Mais, dans certaines situations extrêmes, l'ammoniac est toxique et inflammable. Des fuites d'ammoniac à l'intérieur des chambres froides peuvent aussi affecter la qualité des produits entreposés. L'utilisation de l'ammoniac nécessite des mesures de sécurité. Sur le plan national, les Etats ont adopté des normes, des réglementations et des codes de bonnes pratiques sur la sécurité.

Les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) seront éliminés. On peut les remplacer par les hydrofluorocarbures (HFC), surtout sous forme de mélanges. Ces derniers ont un ODP égal à zéro, mais un GWP qui ne l'est pas. Ces dernières années, on est parvenu à diminuer les fuites à quelques pour cent, par installation et par an. Les parties prenantes tentent de réduire les fuites encore davantage ; dans certains pays, de telles actions sont obligatoires et réglementaires.

Les installations frigorifiques conventionnelles à ammoniac sont des systèmes à regorgement (systèmes à pompe). L'utilisation des dispositifs à détente directe dans les systèmes à ammoniac constitue un nouveau développement utilisant des lubrifiants spécialement développés pour de tels systèmes. En raison de la faible charge en frigorigène, ces nouveaux systèmes ont un niveau de risque bien inférieur.⁹

On peut utiliser l'ammoniac en tant que frigorigène primaire avec une saumure ou un coulis de glace comme caloporteur. Ici encore on utilise une très faible charge en frigorigène ; par contre, la consommation d'énergie sera supérieure d'environ 10 %.¹⁰ Dans les applications frigorifiques industrielles, l'application de l'ammoniac et du CO₂ (R744) dans deux circuits frigorifiques a constitué la meilleure solution technologique trouvée jusqu'à présent. Ces systèmes sont appelés « cascade NH₃/CO₂ ». On est en train de développer des composants pour eux. Les premières installations utilisant ces systèmes fonctionnent dans la pratique et donnent entièrement satisfaction aux utilisateurs. Encore une fois, la charge d'ammoniac est très faible, et les problèmes de sécurité sont ainsi négligeables. Le CO₂ est respectueux de l'environnement : il n'est ni toxique ni inflammable. En comparaison avec des systèmes conventionnels, la consommation d'énergie de ces systèmes est la même ou inférieure¹¹ et de tels systèmes ont un avenir prometteur.

VI. SECURITE

Chaque lieu de travail comporte des risques, et les activités d'entreposage frigorifique ne constituent pas une exception. La prévention des risques a suscité récemment l'intérêt des associations internationales, des exploitants d'entrepôts frigorifiques et des institutions techniques du froid. C'est pour cette raison qu'on a développé des programmes de sécurité et amélioré l'information et la formation afin d'accroître la sécurité du personnel. Parmi les questions de sécurité importantes, il faut mentionner :

Emissions de frigorigènes

Les systèmes frigorifiques utilisant le R717 (NH₃) sont les plus connus en termes de réglementation sur la sécurité, de directives, de normes et de codes, car la toxicité du frigorigène est bien connue. En Europe occidentale, chaque pays a sa réglementation nationale. On va sans doute assister à une harmonisation de la réglementation à l'échelle européenne. La réglementation concerne non seulement les ouvriers à l'intérieur des bâtiments mais également l'environnement extérieur. De même, les émissions de (chloro)fluorocarbures concernent l'environnement extérieur, mais elles peuvent aussi entraîner, dans les zones fermées, l'asphyxie des personnes exposées ignorant leur présence, car ils sont inodores. Pour des raisons environnementales, et afin de réduire les fuites au minimum, on a introduit dans certains pays des réglementations s'appuyant sur des normes techniques et l'entretien des équipements par des techniciens certifiés. On utilise désormais des systèmes modernes de détection des fuites pour ces deux types de frigorigène. Dans tous les cas, les problèmes aigus liés à l'utilisation des frigorigènes ont engendré des normes techniques plus exigeantes vis-à-vis des installations frigorifiques et un meilleur contrôle des procédés frigorifiques. La surveillance à distance constitue l'un de ces nouveaux développements. Enfin, dernier élément mais pas le moindre, l'engagement de l'industrie en faveur de l'environnement s'est accru considérablement.

Accidents du travail

La plupart des risques d'accident du personnel des entrepôts frigorifiques est liée à la circulation des chariots à fourche. Les conditions de travail constituent des aspects importants de la politique de prévention.

Incendies

La prévention des incendies est d'une grande importance dans les entrepôts frigorifiques, non seulement pour protéger le personnel qui y travaille, mais également les bâtiments et les produits entreposés. La valeur marchande des produits entreposés est souvent plusieurs fois supérieure à celle des bâtiments. Cette valeur a tendance à augmenter de nos jours, car on utilise de plus en plus souvent les entrepôts frigorifiques de grande hauteur. Dans les pays européens, chaque réglementation nationale précise les mesures anti-incendie pour les bâtiments ainsi que des procédures d'essai sur les matériaux. Une normalisation est en train d'être progressivement mise en place. On utilise parfois des gicleurs d'incendie au CO₂. Les systèmes les plus sophistiqués abaissent la teneur en oxygène de l'atmosphère dans les

chambres froides à moins de 16 % : de sorte qu'aucun feu ne puisse continuer à brûler. Cette technologie est utilisée uniquement dans les entrepôts automatisés sans personnel à l'intérieur.

Bruit

Le niveau de bruit est important pour le personnel travaillant dans les entrepôts frigorifiques et pour l'environnement immédiat de ces installations. Les équipements rotatifs modernes tels que les compresseurs et les ventilateurs sont insonorisés en diminuant le nombre de tours par minute et/ou en protégeant les équipements à l'aide de matériaux isolants antibruit.

Le niveau de bruit est exprimé en décibels (dB) sur une échelle logarithmique, puis corrigé afin de reproduire ce qu'entend l'oreille humaine moyenne, à l'aide d'un filtre A, donnant des valeurs exprimées en dB(A) utilisées pour les normes actuelles. Le niveau de bruit maximal permis varie selon les pays et les régions, dans le cadre de la réglementation sur l'environnement, et aussi selon la période de la journée (jour ou nuit) : par exemple, un maximum de 45 dB(A) pendant la journée et un maximum de 40 dB(A) pendant la nuit.

VII. TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION (IT)

On applique progressivement l'IT à la gestion des stocks dans les entrepôts frigorifiques. Les petites sociétés qui pratiquent le stockage de masse (entrepôts de production) utilisent un système de codage manuel simple. Dans le cas des entreprises plus importantes, notamment celles gérant des installations dans le secteur de la distribution, l'IT est primordiale.

Le système à code barres en général et le code barres EAN-128 en particulier conviennent pour les besoins internes en matière de marchandises palettisées. Jusqu'à présent, ce système s'avère le plus efficace. On a développé le système EAN-128 pour les besoins de la logistique ; il permet de fournir toutes les informations nécessaires sur le flux des marchandises et celui des informations. Dans la pratique, on peut lire le code barres avec un scanner manuel de code barres ou à l'aide de la technologie à fréquence radio. On traite les données obtenues de façon informatique sur le site. On peut communiquer avec le conducteur du chariot élévateur équipé d'un terminal de traitement des données et d'un scanner de codes barres, pour l'enjoindre d'entreposer une palette dans l'endroit disponible le plus approprié dans l'entrepôt frigorifique, ou d'identifier une palette à sortir. On appelle ce processus le suivi et la traçabilité (permettant de trouver et d'identifier). On peut employer la même procédure pour les cartons séparés dans le cas de la préparation des commandes. La reconnaissance de la parole constitue la toute dernière technologie de pointe dans ce domaine. La personne en charge de la préparation des commandes donne des instructions vocales.¹² Actuellement, on est en train de développer l'application d'un transpondeur, une puce apposée sur une palette ou un carton ; cette puce contient toutes les informations nécessaires pour assurer le flux des marchandises. On peut effectuer la lecture à l'aide d'un scanner. Tout un éventail de systèmes de gestion de la logistique d'entrepôts existe sur le marché.

Afin de répondre aux besoins internes et externes, l'application de l'IT va beaucoup plus loin. Elle englobe toute la chaîne d'approvisionnement. Chaque maillon de la chaîne, c'est-à-dire, les clients, les transporteurs, les distributeurs et les détaillants, peut fournir ou obtenir les informations nécessaires, et on peut éventuellement étendre les services fournis et assurer le suivi de la température, de l'enregistrement des commandes, de la facturation, etc. Le code barres constitue le lien entre l'intérieur et l'extérieur. Les informations sont transférées à l'aide d'un système télématique, en général par l'échange de données informatisées (EDI), utilisant EDIFACT comme norme internationale. Les grosses entreprises de distribution ont développé leurs propres logiciels en collaboration avec leurs partenaires dans la chaîne (co-fabrication).

L'EDI permet l'intégration de toute la chaîne d'approvisionnement en produits alimentaires, ce qui comporte bon nombre d'avantages : des informations obtenues rapidement et en toute sécurité, un service amélioré (un délai de réalisation plus court), des communications souples, une gestion entièrement informatisée, etc.

VIII. CONCLUSIONS

L'entreposage frigorifique, tant public que privé, est en expansion, car les producteurs de produits alimentaires et les détaillants cherchent de plus en plus à externaliser leurs activités logistiques. En outre, la consommation des produits alimentaires réfrigérés et congelés est en train d'augmenter.

L'entreposage frigorifique est en train de devenir une activité logistique assurant le contrôle de la température. Ce rôle de plus en plus large exerce des effets sur la conception, la construction et la configuration des bâtiments.

On accorde aussi une grande attention à la manutention hygiénique des produits et à un contrôle précis de la température dans la chaîne du froid (méthode HACCP).

On respecte de plus en plus l'environnement dans le cadre de l'efficacité énergétique (EE) et de la gestion des frigorigènes, de la sécurité du personnel et de l'environnement avoisinant les installations.

La technologie de l'information (IT) permet de gérer le processus logistique tout entier, du producteur au consommateur, couvrant ainsi toute la chaîne d'approvisionnement alimentaire.

REFERENCES

1. Personal Information. P. Jacob, Unterschleissheim (Germany).
2. Bouwwijzer Energy Efficiency Koel- en Vrieshuizen, 2000 (The Netherlands).
3. Project: Koel- en Vrieshuizen maken invriesproces efficiënter, Nr. 382.07.099.11 NOVEM, Utrecht (The Netherlands). Web site: www.novem.nl
4. Van Dijck FHJ. Optimalisatie Invriestunnels RBK.
5. Lassen O. New Plate Freezer Application. Int. Congress of Refrigeration (1995), The Hague Netherlands. IIR Proceedings IIIa, 637-643.
6. Energy Guide ECSLA, Brussels (Belgium); September 2000.
7. ROI-model Kostenkalkulation für Kühlhäuser, ECSLA 2001.
8. Larsen JK. Reduction of energy consumption for refrigeration at cold stores. Danish Meat Research Institute, Ref. 48.228 Notat (April 1999).
9. Gerritsen (Grenco Refrigeration). Paper TAC-meeting ECSLA, Vught (The Netherlands), September 2000.
10. Kruse H. Current International Status of Natural Working Fluids (Ammonia) in Refrigeration Systems. IIR paper, New Orleans (US), 1997.
11. Personal Information GTI Post Koudetechniek (The Netherlands).
12. Freedom of Speech. Frozen & Chilled Foods Europe, May 2001, 23.