

Transports frigorifiques par conteneurs et semi-remorques (Réunion Commission Institut international du Froid) Wageningen, 22-26 avril 1974

R. DEULLIN*

La réunion de la Commission D2 de l'I.I.F. à Wageningen (Pays-Bas) a été consacrée aux transports frigorifiques en semi-remorques et en conteneurs.

Il faut noter que les problèmes qui ont été étudiés sont pratiquement identiques à ceux qui se posent avec le transport maritime des conteneurs frigorifiques.

En conséquence, les études et les mémoires présentés à Wageningen intéressent également le transport maritime par conteneurs frigorifiques. Ils ont une portée générale et il faut se garder de leur donner une interprétation restrictive.

Le programme de la réunion de la Commission D2 de l'I.I.F. a été élaboré au cours d'une séance préparatoire tenue également à Wageningen en septembre 1972. Cette première réunion avait déjà permis de constater que, si le matériel utilisé convenait bien pour le transport des produits congelés, il devenait nécessaire d'employer des véhicules mieux adaptés pour le transport des denrées réfrigérées.

La solution technique à appliquer était connue, mais les représentants des constructeurs assistant à cette séance préparatoire, avaient indiqué que la construction de l'équipement utilisable pour le transport des produits réfrigérés était plus onéreuse, mais qu'ils étaient prêts à la réaliser à condition d'obtenir des commandes suffisantes des transporteurs, ce qui n'était pas encore le cas.

En 1972, la technique du transport frigorifique des denrées périssables par conteneurs frigorifiques n'avait pas de retard, mais elle n'avait pas pu se développer par suite d'une demande insuffisante.

En outre, le transport maritime par conteneurs restait soumis à l'incertitude des résultats d'exploitation qui étaient considérés comme étant déficitaires, alors qu'une évolution inverse vient de se produire.

D'après des informations confidentielles, le transport maritime par conteneurs est devenu rentable sur l'Atlantique nord.

Pour faire face à la concurrence américaine, les armateurs européens avaient été obligés de se «jeter à l'eau» en exploitant des navires porte-conteneurs sans savoir si le bilan des exploitations serait positif. Effectivement, ils ont subi pendant plusieurs années des pertes élevées, mais, la faveur de la clientèle pour ce mode de transport a eu pour effet l'élimination des concurrents qui utilisaient des navires classiques permettant ainsi d'augmenter ensuite les tarifs de fret et d'obtenir une exploitation rentable.

Le transport maritime par conteneurs n'est plus menacé par un déficit d'exploitation et devrait se développer régulièrement dans l'avenir sur les lignes maritimes à grand trafic qui permettent d'assurer un équilibre de fret à l'aller et au retour. Étant entendu que le fret de retour peut comporter un transport frigorifique, ce qui n'exclut pas la possibilité de voir se développer dans les années futures un transport de fruits tropicaux en conteneurs vers l'Europe sur l'Atlantique nord.

Deux solutions peuvent être adoptées :

Pour les tonnages importants, le transport se ferait avec des conteneurs isothermes chargés dans les cales du navire et ventilés au moyen de l'air refroidi par l'installation frigorifique du bord, comme c'est le cas pour les expéditions de fruits d'Afrique du sud et d'Australie.

Pour les tonnages plus limités, le transport s'effectuerait à l'aide de conteneurs frigorifiques polyvalents avec groupe frigorifique incorporé, chargés en pontée.

Il est considéré que l'utilisation du conteneur isotherme ventilé se justifie à partir de 100 conteneurs chargés sur le même navire.

La possibilité du développement du transport maritime de fruits tropicaux par conteneurs dépend pratiquement de la situation économique et il n'est pas possible présentement de fournir une appréciation valable à ce sujet.

La United Fruit Co a mis en service deux navires porte-conteneurs de petite capacité (90 conteneurs de 40 pieds avec groupe frigorifique incorporé) à titre expérimental, entre le Honduras et le sud des USA.

* - Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer (IFAC)
6, rue du Général Clergerie - 75116 PARIS

Cet essai, commencé en 1972, se poursuit actuellement sans qu'il ait été possible d'avoir des renseignements précis sur les résultats obtenus. D'après G.R. SCRINE, du Ship-owners Refrigerated Cargos Research Association de Cambridge (Angleterre), qui était à Boston en mars 1974, la United Fruit Co continue cette expérimentation, mais il considère que le transport de conteneurs avec groupe frigorifique incorporé dans une cale constitue une complication.

Il faut retenir de ces informations, qu'il existe actuellement une possibilité de développement du transport maritime de bananes et d'avocats par conteneurs, en tonnages importants, sur des voies maritimes ayant un trafic équilibré dans les deux sens. Mais ce mode de transport se développera lorsque la nécessité économique s'en fera sentir.

Un fait nouveau et important s'est produit récemment :

La durée des transports frigorifiques terrestres de denrées réfrigérées a augmenté notablement et les équipements simplifiés, classiques («conventionnel») qui pouvaient être utilisés pour des transports réfrigérés de courte durée de 3 à 5 jours, ne conviennent plus dans le cas de transports de longue durée (jusqu'à trois semaines). Avec des produits fragiles, des avaries se sont produites, chiffrées en millions de dollars, ce qui a eu pour effet de démontrer l'insuffisance du matériel classique comportant une ventilation sommaire et de placer en pleine actualité le transport frigorifique des denrées réfrigérées, par conteneurs ou par semi-remorques (trailers) polyvalents.

A la réunion de Wageningen, deux conceptions se sont affrontées : celle de la SEALAND, qui dispose de 6.000 conteneurs frigorifiques classiques et considère que les produits doivent être prérefrigérés avant chargement, avec un arrimage spécial permettant une circulation de l'air dans des canaux réalisés par l'arrimage, moyennant quoi, tout se passera bien ; celle des partisans d'une ventilation plus efficace, avec une humidité relative de l'air plus élevée et une régulation de la température de l'air plus précise.

Il est possible de se rendre compte du chemin parcouru dans ce domaine, en constatant que le transport frigorifique des produits réfrigérés n'a pas été abordé en septembre 1971 au Congrès international du Froid à Washington, qu'il a été examiné à la réunion préparatoire d'octobre 1972 à Wageningen, sans qu'on puisse savoir si sa réalisation se ferait dans un avenir proche et qu'il a été considéré comme un sujet d'actualité à la réunion d'avril 1974 à Wageningen.

Le transport frigorifique des denrées réfrigérées par véhicules terrestres ou conteneurs a pris une importance suffisante pour justifier la réalisation d'équipements appropriés. Son développement au stade pratiqué est devenu une réalité qui ne peut que s'affirmer et s'accroître dans les années à venir.

PROGRAMME DE LA RÉUNION DE LA COMMISSION D2 de l'I.I.F. A WAGENINGEN

Suivant l'usage, le programme a comporté une première session, consacrée à des sujets généraux et des sessions

réservées à des questions plus spécialisées.

La première session a traité de la situation générale du transport frigorifique terrestre.

La seconde session a examiné la conception et les performances des installations pour l'obtention des conditions de transport uniformes.

La troisième session a été réservée aux essais de transport.

La quatrième session a examiné les mesures des conditions de transport (température de l'air et du chargement, humidité relative, etc.) ainsi que les relations qui existent entre le médium air et le chargement.

La dernière session a étudié les méthodes normalisées d'essais de l'équipement frigorifique des véhicules.

Ce compte rendu ne mentionnera que les mémoires intéressants pour notre Revue.

Suivant l'usage, l'Institut international du Froid publiera ultérieurement (fin 1974 ou début 1975) le texte complet des mémoires présentés et de la discussion qui a eu lieu.

EXPOSÉS GÉNÉRAUX.

Situation présente de l'équipement utilisé pour le transport frigorifique des denrées périssables. Possibilités de développement.

par M.F. Th. MEFFERT et J.A. KNOBBOUT (Pays Bas).

Ce rapport présente la situation actuelle : la normalisation qui fixe les longueurs à 20 et 40 pieds n'est pas appliquée rigoureusement aux USA, en 1971, 20 p. cent des semi-remorques construites dépassaient 40 pieds dont 9 p. cent à 42 pieds et 4 p. cent à 45 pieds.

Si les largeurs et les hauteurs sont identiques, les dimensions intérieures sont différentes. La tendance est à l'obtention du volume intérieur maximum par la réduction de l'épaisseur d'isolation à 75 mm avec la mousse de polyuréthane, permettant un gain de volume de 20 p. cent.

L'importance du transport frigorifique terrestre est montrée par la «flotte de véhicules» exprimée en unités de 20 pieds.

	USA 1973	Europe 1975	Australie 73
semi-remorques	128.000	80.000	
conteneurs	15.000	20.000	15.000

Sur cette base, la capacité de 300.000 unités de 20 pieds représente 75.000.000 de tonnes par an pour les semi-remorques et 8.000.000 de tonnes par an pour les conteneurs.

L'utilisation du transport frigorifique des denrées périssables est très inégale : 3,5 p. cent de la production en France, alors qu'en Australie 90 p. cent des produits périssables sont exportés en conteneurs.

Des essais de transports de denrées réfrigérées avec du matériel conventionnel et des erreurs ont montré que les véhicules classiques ne répondaient pas aux conditions requises pour effectuer des transports de longue durée et qu'il était nécessaire de définir les caractéristiques des

semi-remorques et des conteneurs pour les différents types de transport à effectuer, en fonction de la nature des produits transportés, de la durée, de la température de transport et des conditions climatiques. Il n'y a pas incompatibilité entre les transports réfrigérés et les transports de denrées congelées. Les véhicules qui satisfont aux conditions du transport des produits réfrigérés pour de longues durées sont utilisables pour les denrées congelées.

Le problème est complexe parce qu'il y a actuellement un grand nombre de modèles différents. Il faut d'abord établir un système codifié pour indiquer les caractéristiques des véhicules.

Il est possible de définir les performances des véhicules pour les différents types de transport. Le conteneur polyvalent qui répond au maximum de conditions sera classé dans la catégorie supérieure. Mais les recherches sont encore à faire dans ce domaine pour aboutir à un système de classification des semi-remorques et des conteneurs en fonction de leurs caractéristiques de transport.

Le plancher. Un dénominateur commun pour les problèmes du transport frigorifique.

par W. GODDART. Agricultural Research Service USDA Orlando (Floride, USA).

L'intérêt de ce mémoire ne provient pas tant de la solution de ventilation proposée pour les conteneurs que du fait important qu'un fonctionnaire du Service de Recherches de la Station d'Orlando signale que les conteneurs du type conventionnel ne permettent pas d'obtenir un refroidissement rapide des produits, et une perte de qualité s'ensuit pour les transports de longue durée (20 jours et plus) qui ont pris de l'importance après 1965, avec le développement de la conteneurisation. Les avaries ont atteint 14,5 millions de dollars en 1971.

L'auteur de ce mémoire s'oppose à la thèse de la SEALAND, laquelle considère que le chargeur doit pré-refrigerer les denrées et utiliser un arrimage spécial constituant des canaux pour la circulation de l'air. Il considère que le chargeur peut utiliser le maximum de volume et que le moyen d'y parvenir est d'utiliser le plancher comme dénominateur commun entre l'air de refroidissement et le chargement, pour les conteneurs et les semi-remorques. Il préconise une admission d'air au moyen de gaines latérales sous le plancher constitué par des profils transversaux, dans le but de réduire la durée du refroidissement et la dessiccation. Des essais comparatifs ont été exécutés avec des cartons de fruits placés sur des palettes.

Il estime également que le rôle de l'USDA est de faire des recommandations d'ordre général et que c'est aux constructeurs de déterminer les différents facteurs à considérer en fonction de leurs problèmes. En ce qui concerne le coefficient de brassage, il propose la définition suivante : la quantité d'air distribuée uniformément qui est nécessaire pour réduire la température de la pulpe de la denrée autour de 16°C en 48 heures.

Considérations de base pour l'essai complet d'un véhicule de transport frigorifique.

par M. SCHAUSBERGER (Autriche) et M.F. Th. MEF-FERT (Pays Bas).

L'information la plus importante concernant la qualité de transport d'un véhicule frigorifique pour les denrées périssables est la possibilité d'obtenir rapidement et de maintenir les conditions requises de température et d'atmosphère, demandées pour le produit considéré, entre les limites qui ont été fixées.

Actuellement, aucun programme d'essai officiel ne considère ce point important.

Il existe un certain nombre d'informations utilisables pour prévoir les conditions qui seront obtenues.

Les méthodes d'essai ont été proposées pour les deux éléments principaux : l'installation frigorifique et la caisse, mais les méthodes des différents laboratoires d'essai ne sont pas comparables. Une enquête portant sur vingt-quatre stations d'essais réparties dans treize pays montre que toutes les stations mesurent le coefficient K de conductibilité et les fuites d'air de la caisse, mais que seulement 25 p. cent d'entre elles examinent l'installation frigorifique séparément de la caisse, 30 p. cent la contrôlent avec la caisse et 45 p. cent ne font pas de contrôle de l'installation frigorifique.

Les plus grandes difficultés de coordination proviennent de l'unification des conditions d'essai : température, humidité relative, circulation d'air, régime de fonctionnement.

Seules les méthodes combinant la caisse et l'installation frigorifique doivent être considérées, parce que les fuites d'air et les pertes par les parois ont une incidence sur l'installation frigorifique.

Les essais réels avec des produits sont longs et coûteux et il est nécessaire de mettre au point des méthodes permettant la simulation totale ou partielle des chargements se rapprochant des caractéristiques réelles (capacité thermique, production de chaleur, caractéristiques hydriques, résistance à la circulation de l'air).

L'auteur propose la création d'un groupe de travail chargé de l'étude d'un simulateur de chargement dont le but principal est de pouvoir interpréter les résultats d'essais.

CONCEPTION ET PERFORMANCES DES INSTALLATIONS POUR L'OBTENTION DE CONDITIONS DE TRANSPORT UNIFORMES

Essais de conteneurs polyvalents.

par M. ESTOCQ, Service technique de la Cie générale Transatlantique (France).

Description du dispositif adopté sur deux conteneurs polyvalents de 20 pieds et sur un conteneur de 40 pieds, pour les rendre aptes au refroidissement et au transport des bananes.

La distribution d'air dans le conteneur par plancher soufflant a été réalisée avec une perte de charge importante pour minimiser l'effet d'un chargement non homogène.

La régulation de la température permet d'obtenir une constance de température qui évite la frisure des bananes.

La puissance frigorifique permet d'obtenir un refroidissement des bananes comparable à celui qui est obtenu dans les bananiers.

L'isolation est suffisante pour permettre le transport de denrées congelées.

L'installation frigorifique comprend deux compresseurs qui sont utilisés pendant le refroidissement, il n'y en a plus qu'un pendant le maintien en température qui marche en continu, ce qui occasionne moins d'usure mécanique qu'avec un fonctionnement par cycles. Huit voyages expérimentaux de transport de bananes ont été effectués avec chacun des deux conteneurs de 20 pieds et les résultats obtenus sont indiqués.

Ce rapport donne des détails sur le circuit de ventilation et sur la mise au point de l'équipement de régulation de la température.

Réponse de la température du chargement aux variations cycliques de la température de l'air de refolement.

par G.R. SCRINE (Royaume-Uni).

Étude intéressante dans le cas d'un conteneur de 20 pieds avec ventilation verticale ascendante et régulation de la température de l'air par thermostat au refolement ou à l'aspiration. Les courbes de température cycliques ont une amplitude qui s'amortit le long du plancher et avec la hauteur des emballages. Les facteurs à considérer sont nombreux : échange de chaleur entre l'air et le plancher, le carton des emballages, la capacité thermique du plancher, les caractéristiques physiques du chargement, la fréquence et l'amplitude des variations de température de l'air. La régulation sur l'air aspiré donne des variations de température plus grandes que celles de la régulation sur l'air de refolement.

La différence entre la température moyenne de l'air de refolement et celle du produit diminue avec la fréquence des cycles. Il n'y a pas de grande différence entre les faibles amplitudes à fréquence élevée fournies par un thermostat électronique et les basses fréquences d'un thermostat mécanique. La fréquence et l'amplitude des variations de température n'influencent pas la température au centre des cartons, alors qu'elle a une influence sur la température superficielle des pommes de terre, particulièrement près des parois des emballages.

Distribution d'air par un plancher constitué par des profilés métalliques en «T».

par G.H. VAN NIEUWENHUIZEN (Pays-Bas).

Expérimentation simplifiée de la distribution d'air dans un élément de chargement placé sur deux profilés en T. Exposé des premiers résultats obtenus. La mesure de la pression dynamique fournit une information valable pour la distribution de l'air. Examen de l'influence de la compacité de l'arrimage. L'étude en cours doit être poursuivie.

Prévision de la distribution des températures dans un chargement avec l'utilisation de la méthode des éléments finis et d'une programmation d'ordinateur.

par H. VAN DER REF, W.J. BASTING, PGM, NIEVERGELD.

L'utilisation d'une programmation d'ordinateur permet de prévoir la distribution des températures avec les différents modes d'arrimage en régime stationnaire ou en régime variable. Un exemple est donné par un modèle simplifié d'arrimage compact de caisses en carton avec écartements compris entre 1 et 4 millimètres et des coefficients de brassage de 40, 60 et 80.

Les résultats obtenus avec cette étude d'un cas théorique simplifié correspondent à ceux des essais expérimentaux qui ont l'avantage d'intégrer tous les autres facteurs (déformation des cartons, différences de répartition dans les cartons, différences de températures, variation des intervalles entre les cartons). Ils constituent une approche et il serait intéressant de connaître leur précision par rapport au cas pratique, en comparant les valeurs théoriques et les valeurs pratiquées.

Le renouvellement d'air dans les conteneurs transportant des denrées végétales.

par M.F. Th. MEFFERT, G.H. VAN NIEUWENHUIZEN (Pays-Bas) et O. YEKUTIELL (Israël).

Les fuites d'air des conteneurs de construction ancienne permettaient d'obtenir un renouvellement d'air suffisant pour le transport des denrées végétales réfrigérées qui respirent avec production de CO₂ et d'éthylène. L'amélioration de la construction a diminué les fuites d'air qui peuvent être insuffisantes pour assurer le renouvellement d'air nécessaire.

La teneur en éthylène (qui ne peut pas être déterminée par des méthodes simples), n'est pas en rapport avec la teneur en gaz carbonique de l'air dans le conteneur. Cette dernière ne peut pas être utilisée pour renseigner sur la teneur en éthylène.

Le régime des pressions à l'intérieur du conteneur dépend notablement du renouvellement d'air, de la position des ouvertures d'admission et de refolement et de la résistance du chargement. La vitesse du véhicule a une influence sur le régime des pressions dans le conteneur et sur le renouvellement d'air. Une vitesse élevée peut occasionner une pression excessive dans le conteneur si l'admission d'air frais est placée sur la paroi frontale et s'il n'y a pas suffisamment de fuites d'air ou de soupapes de sécurité.

Le taux de renouvellement d'air pour un conteneur polyvalent pour les produits réfrigérés doit être au maximum de 4 m³/heure par mètre cube de volume utile.

Ce mémoire est utile parce qu'il attire l'attention des utilisateurs sur un fait peu remarqué : avec l'amélioration de la qualité de la construction les fuites d'air peuvent être insuffisantes pour assurer le renouvellement d'air frais nécessaire.

ESSAIS DE MATERIEL ET ESSAIS DE TRANSPORT

Observations sur les essais de machines frigorifiques pour engins de transport.
par A. GAC et J. LARBOUILLAT - P. Zimmermann (France).

Le laboratoire du froid du Centre technique du Génie rural (C.T.G.R.) a effectué 85 essais de machines frigorifiques pour engins de transport en vue de leur agrément.

Les résultats obtenus montrent une discordance marquée entre les performances annoncées par les constructeurs et celles constatées au cours des tests expérimentaux pour beaucoup d'appareils. Les rendements volumétriques des compresseurs varient de 0,22 à 0,69 pour une température intérieure de -20°C. L'insuffisance de capacité frigorifique provient du choix d'éléments de dimensions minimales pour réduire le prix de revient ou d'erreurs technologiques dans l'alimentation des évaporateurs. Le choix du détenteur thermostatique pour une plage étendue est délicat. Surface de condenseur inférieure à celle de l'évaporateur. Pertes de charges excessives de l'évaporateur.

Il est indispensable d'introduire un facteur de sécurité pour prendre en compte les conséquences de l'installation du compresseur frigorifique sur le bilan thermique de la caisse. Le coefficient de sécurité proposé devrait être de 1,5 au moins.

Descente en froid et distribution de température dans des semi-remorques frigorifiques.
par A.Y. GOGUS et S. YAVUZKURT (Turquie).

Ce mémoire, présentant des courbes de refroidissement de citrons en caisses transportées dans des semi-remorques conventionnelles, constitue une démonstration de l'inaptitude de ce type de matériel pour le transport des produits réfrigérés. Après 18 heures de refroidissement, l'écart de température constaté est de 6,5°C avec des vitesses de refroidissement très inégales. Les auteurs ne fournissent pas d'indication sur l'arrimage.

Essai simulé de transport de paprika dans un conteneur frigorifique clip-on.
par O. YEKITILI (Israël).

L'arrimage des cartons comporte des doubles piles sur 13 hauteurs, séparées par des intervalles de 2 cm, avec ventilation par refoulement sous le plancher formé de profils métalliques en T. Le refroidissement de +20°C à +8°C est obtenu en 48 heures avec un faible écart entre les rangées supérieures, moyennes et inférieures (0,3°C).

Cet essai, avec un arrimage peu différent d'un arrimage compact, permet d'obtenir un refroidissement efficace et uniforme.

Les valeurs de la chaleur dégagée par les paprikas : 654 kcal/24 h/tonne à 5°C et 832 kcal/24 h/tonne à 15°C ne sont pas cohérentes. Il est possible que cette détermination ait été effectuée avec des paprikas qui n'étaient pas tous en phase préclimactérique ou qui ne se trouvaient pas à une température stable pendant un temps suffisant avant la

mesure.

Transport de fraises dans des conteneurs frigorifiques d'Israël en Europe.

par G. FELSENSTEIN (Israël).

Les fruits prérefrigérés entre 2,5°C et 4,5°C atteignent une température comprise entre 1,5°C et 8°C en un jour et peuvent être conservés pendant six jours avec une perte de poids de 2 p. cent. La durée de conservation est ensuite d'au moins deux jours sans perte de qualité. Il n'y a pas de différence avec les fraises transportées par voie aérienne. Des essais de transport à échelle commerciale sont en cours et s'ils donnent satisfaction, cette méthode sera généralisée au cours de la saison 1974/1975.

En matière de contrôle des conditions de transport, il n'y a pas de changements importants.

MESURE DE LA TEMPÉRATURE D'UN LOT DE PRODUITS CONGELÉS

Présentation d'un texte proposant le choix entre trois méthodes de référence pour mesurer la température d'un lot de produits congelés (avant chargement ou à la fin du transport).

Mesure des températures dans le transport en Australie.
par T.O.D. HUGUES (Australie).

Les idées développées sont essentiellement pratiques et conservatrices. Elles s'appliquent principalement au transport de produits congelés, le transport de fruits et légumes réfrigérés n'est considéré que comme un fret de retour. En outre, la régulation routière n'autorise pas à utiliser le maximum de capacité de chargement, ce qui permet de prévoir des canaux pour la circulation de l'air. Il y a une tendance marquée pour la palettisation qui suppose le chargement de produits prérefrigérés.

Les contrôles à effectuer comprennent la lecture de la température de l'air qui se fait tous les quarts d'heure de la cabine du chauffeur, l'enregistrement de la température de l'air aspiré et le contrôle du point de consigne du thermostat. L'essentiel est d'avoir un bon chauffeur.

MÉTHODES D'ESSAIS NORMALISÉES

Deux textes seulement sont pratiquement terminés :

- la mesure du coefficient K de transmission de chaleur
- la mesure des fuites d'air.

La séance a été consacrée à la mise au point d'un texte établissant une méthode d'essai de l'installation frigorifique d'une semi-remorque ou d'un conteneur, avec discussion sur les observations formulées par trois laboratoires d'essais. Ces travaux sont délicats, ils demandent du temps et ce qu'il faut savoir, c'est que seuls les textes sur la mesure du coefficient K de conductibilité et des fuites d'air seront publiés prochainement. La difficulté de l'établissement de

textes de portée internationale résulte de la nécessité d'harmoniser des méthodes établies par dix organismes différents, comprenant la CEE, l'ISO, le LLOYD, l'USDA, le BSI, associations de transporteurs routiers, etc.

CONCLUSION

La réunion de la commission D2 de l'Institut international du Froid à Wageningen a permis de constater une évolution importante du transport réfrigéré des denrées végétales, par transport routier en semi-remorques ou conteneurs ou par transport maritime en conteneurs avec groupe frigorifique incorporé.

C'est principalement le transport routier qui connaît un développement important pour le transport frigorifique réfrigéré avec un accroissement du tonnage des denrées transportées et une augmentation importante de la durée du voyage qui passe d'une semaine à trois semaines. Le développement du transport maritime par conteneurs se trouve favorisé par le fait qu'il est devenu rentable.

Deux tendances se sont opposées à la réunion de Wageningen :

- celle des transporteurs de denrées congelées utilisant des équipements dits « conventionnels » adaptés aux produits congelés et qui demandent le chargement de denrées prérefrigérées avec un arrimage spécial formant des canaux pour la circulation de l'air;

- celle des transporteurs considérant que les équipements « conventionnels » ne conviennent pas pour le transport de longue durée des denrées végétales réfrigérées (ventilation trop sommaire, humidité relative de l'air trop faible, impossibilité de refroidir les produits dans le véhicule, manque d'uniformité des températures du chargement) et qu'il est nécessaire d'utiliser des semi-remorques ou des conteneurs « polyvalents » adaptés au transport des denrées réfrigérées.

Les expérimentations présentées montrent qu'un refroidissement efficace avec une uniformité de températures peut être obtenu par un arrimage compact et une ventilation verticale ascendante par le plancher.

La régulation automatique de la température de l'air est plus précise sur l'air de refolement que sur l'aspiration de l'air.

Avec l'amélioration de la qualité de la construction qui se traduit par une diminution des fuites d'air, le problème du renouvellement d'air frais doit être considéré avec attention. Le taux de renouvellement d'air frais ne doit pas dépasser 4 m³/h par mètre cube de volume utile.

Les variations de température occasionnées par le fonctionnement par cycles de l'installation frigorifique n'ont pas

d'influence sur la température à cœur des produits mais en ont une, légère, sur leur température superficielle.

Les essais d'agrément montrent qu'un nombre assez important d'installations frigorifiques de véhicules n'ont pas la puissance frigorifique annoncée par le constructeur. Il est recommandé de prévoir un coefficient de sécurité de 1,5.

Il n'y a pas de méthode pratique pour déterminer la température moyenne du chargement pendant le transport.

La seule vérification possible est celle du bon fonctionnement de l'installation par le contrôle de la température de l'air du conteneur, de la température de l'air de refolement ou d'aspiration et du point de consigne du thermostat. Il est considéré comme essentiel d'avoir un conducteur valable pour le transport terrestre.

Dans le cas de transport de denrées réfrigérées en palettes, il est indispensable de les prérefrigerer avant le chargement.

Le transport de denrées réfrigérées en atmosphère contrôlée dans des semi-remorques ou des conteneurs n'a pas été examiné à la réunion de Wageningen.

Il paraît difficile d'obtenir des compositions d'atmosphères suffisamment précises par suite de l'impossibilité de supprimer les fuites d'air des véhicules de transport routier ou des conteneurs. Il faut être prudent sur les résultats qui sont annoncés à ce sujet.

La normalisation des méthodes d'essai est longue et difficile, parce qu'il faut rédiger un texte de compromis entre les documents déjà publiés par dix organismes différents. Les textes des méthodes de mesure du coefficient K de conductibilité et de mesure des fuites d'air sont terminés.

La méthode d'essai des installations frigorifiques est en cours d'élaboration.

Un document de base pour l'établissement d'un programme complet d'essai a été présenté à Wageningen, la mise au point de ce programme sera difficile et demandera beaucoup de temps.

La majorité des études expérimentales sont effectuées par des physiciens ou des thermiciens qui n'accordent pas une attention suffisante à la physiologie des denrées végétales (phases préclimactérique et climactérique, valeur de l'intensité respiratoire, chaleur dégagée, état et qualité au début de l'essai, variété, etc.). Il serait souhaitable que chaque programme d'étude soit préparé par un groupe de chercheurs comprenant au moins un membre familiarisé avec la physiologie végétale, afin d'éviter les lacunes importantes ou des incohérences, comme par exemple l'emploi de valeurs d'intensité respiratoire obtenues avec des fruits dont une partie est en phase climactérique.

