

SPC/Fisheries 17/WP.2

12 juin 1985

ORIGINAL : ANGLAIS

COMMISSION DU PACIFIQUE SUD

DIX-SEPTIEME CONFERENCE TECHNIQUE REGIONALE DES PECHEES

(Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 5 - 9 août 1985)

LES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DANS LE SECTEUR DES

PECHEES DES PAYS INSULAIRES DU PACIFIQUE

par

G.L. Preston
Conseiller adjoint aux pêches
Commission du Pacifique Sud

et

M.A. Vincent
Frigoriste
Nations Unies

Commission du Pacifique Sud
Nouméa, Nouvelle-Calédonie
Mars 1985

3 août 1985

ORIGINAL : ANGLAIS

COMMISSION DU PACIFIQUE SUDDIX-SEPTIEME CONFERENCE TECHNIQUE REGIONALE DES PECHEES

(Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 5 - 9 août 1985)

PROGRAMME D'EVALUATION DES THONIDES ET MARLINS ; RAPPORT SUR L'ETAT DES TRAVAUX, LES PROBLEMES ET LES PERSPECTIVESRECTIFICATIF

Ci-après une mise à jour du tableau 1 figurant à la page 2 du document SPC/Fisheries 17/WP.3.

TABLEAU 1

Australie	5 942 (2)
Iles Cook	0
Etats Fédérés de Micronésie	103 118
Etats Unis d'Amérique	10 916 (6)
Fidji	7 325
Guam	0
Kiribati	31 612
Iles Mariannes du Nord	0
Iles Marshall	36 206
Nauru	0
Niue	0
Nouvelle-Calédonie	2 305 (4)
Nouvelle-Zélande	(5)
Palau	9 177
Papouasie-Nouvelle-Guinée	76 560
Polynésie française	(3)
Iles Salomon	20 730
Samoa américaines	0 (1)
Samoa-Occidental	0
Tokelau	0
Tonga	407
Tuvalu	1 370
Vanuatu	6 299
Wallis et Futuna	0
TOTAL	311 967

Copyright Commission du Pacifique Sud, 1985

Texte original : anglais

Le présent rapport a été établi et publié
grâce au concours financier du Programme
des Nations Unies pour le Développement

1. INTRODUCTION

Le présent rapport a été établi à l'issue d'une enquête de six semaines effectuée pour le compte de la Commission du Pacifique Sud dans différents pays du bassin du Pacifique entre les mois d'août et d'octobre 1984.

Un grand nombre d'équipements et matériels frigorifiques utilisés dans le secteur des pêches ont été examinés au cours de cette enquête et leurs performances ont été discutées avec les utilisateurs dans onze pays et territoires insulaires du Pacifique au total. Le matériel examiné va des coffres congélateurs domestiques soumis à un service intense dans les marchés locaux au poisson, aux congélateurs et chambres froides de type industriel utilisés par l'industrie thonière de la région en passant par les installations commerciales de congélation, de conservation et de fabrication de glace de faible à moyenne puissance. L'enquête a porté sur des équipements situés dans des centres urbains et dans des archipels éloignés, sur les institutions dispensant une formation dans le domaine du froid, sur les fournisseurs et les prestataires de service du secteur privé, sur les centres de recherche technique, sur les organismes privés ou publics de commercialisation du poisson et sur les autres services et institutions s'occupant de planification et de développement dans le secteur des pêches.

Les auteurs espèrent avoir pu faire passer l'expérience de ces institutions et de leurs personnels dans un document qui, bien que de portée générale, donne un aperçu des problèmes frigorifiques qui se posent dans le secteur des pêches. Dans certains cas, des solutions adaptées à la région sont proposées, afin notamment d'aider tous ceux qui envisagent d'installer du matériel frigorifique à éviter certaines erreurs.

Au nom de la Commission du Pacifique Sud, les auteurs tiennent à remercier le Programme des Nations Unies pour le développement dont le concours financier a permis de mener à bien cette enquête. Sur un plan plus personnel, ils remercient M. Harry Sperling, coordinateur pour le Pacifique Sud des pêches régionales au titre du PNUD, ainsi que les quelque cent vingt fonctionnaires et agents du secteur privé des pays et territoires visités au cours de l'enquête qui n'ont ménagé ni leur temps ni leurs efforts pour leur venir en aide.

2. HISTORIQUE

Pratiquement la totalité des vingt-deux pays et territoires insulaires du Pacifique membres de la Commission du Pacifique Sud s'efforcent de développer leurs ressources marines à des fins de subsistance ou commerciales. Au cours des dix dernières années, les différents pays ont pris conscience du potentiel que représentent leurs ressources marines et ont, en règle générale, entrepris des efforts pour développer les activités de pêche vivrière, commerciale ou industrielle, suivant les objectifs et la philosophie de développement propre à chacun de ces pays. Que ces efforts aient été totalement couronnés de succès ou non, des réalisations ont cependant été faites ou sont sur le point de l'être en matière de prix, de stockage, de distribution et de commercialisation dans la plupart des pays membres de la CPS, le matériel frigorifique tient une place dans toutes ces réalisations.

Dans l'ensemble, ces réalisations s'inspirent de l'un ou de plusieurs des principes suivants :

- i) La politique consiste à encourager les pêcheurs à réfrigérer les poissons qu'ils viennent de prendre afin d'en améliorer la qualité en vue de leur conservation au froid ou de leur vente ultérieure, ceci étant considéré comme une première mesure en vue de la création de systèmes de distribution plus élaborés.
- ii) Les installations frigorifiques sont considérées comme un moyen de stabiliser le marché et/ou les prix du poisson et de garantir des débouchés aux pêcheurs et l'approvisionnement des marchés.
- iii) Les prises ont atteint, ou devraient atteindre, des niveaux supérieurs aux besoins des marchés proches des zones de production et les prises excédentaires doivent être exportées dans d'autres zones ou à l'étranger.
- iv) L'exportation de produits hors de la zone de production, quelle que soit l'importance de la production, est une stratégie de développement économique qui vise à générer des recettes en devises soit, dans le cas de l'exportation dans d'autres régions d'un même pays, à remplacer les produits importés.

Quelles qu'en soient les causes, on assiste depuis quelques années à une multiplication des installations de conservation, de distribution et de commercialisation du poisson au froid. De nombreuses installations ont été créées par les services nationaux des pêches, par des compagnies semi-publiques et par le secteur privé pour aider les pêcheries locales en développement. Il s'agit de générateurs de glace, de chambres froides négatives et positives, de congélateurs à air forcé et à plaques (par contact), de comptoirs et vitrines frigorifiques du commerce, de congélateurs-coffres domestiques et de conteneurs réfrigérants utilisés dans les transports. Ces installations se caractérisent en général par une faible contenance, la plupart du temps inférieure à cent tonnes et souvent inférieure à dix tonnes. En règle générale, les installations de ce type connaissent des problèmes techniques permanents et leur rentabilité est faible, ce qui constitue un obstacle, parfois très sérieux, aux plans de développement du secteur des pêches.

Ces problèmes ont été reconnus et ont fait l'objet de débats approfondis lors d'un colloque consacré aux techniques de manutention et de traitement du poisson qui s'est tenu en août 1983 dans le cadre de la Quinzième Conférence technique régionale des pêches de la CPS. Plusieurs problèmes communs ont été dégagés et la conférence a conclu ses travaux sur la recommandation suivante :

"Reconnaissant la somme considérable d'expérience et d'information que possèdent différents pays de la région et la nécessité de faire la synthèse de ce savoir et de le diffuser à l'échelon régional, la Conférence recommande que la Commission du Pacifique Sud établisse une liste du matériel et des outils de traitement du poisson utilisés dans l'ensemble de la région, accompagnée de commentaires sur la performance et l'intérêt de ce matériel".

A la suite de cette recommandation, un avant-projet intitulé "Etude et examen des installations frigorifiques en service dans le Pacifique Sud" a été élaboré avec les objectifs suivants :

- 1) Recueillir des données comparatives sur le matériel frigorifique existant et ses performances dans diverses situations;
- 2) Identifier les principaux problèmes et, si possible, proposer des solutions;
- 3) Fournir des éléments d'orientation et recommander des critères de sélection pour les futurs achats de matériel.

Lors de cette même conférence, un large échange de vues a été consacré aux besoins de la région en matière de formation à la manutention et au traitement du poisson; le responsable du programme FAO/PNUD de développement des pêches régionales pour la région du Pacifique a exposé aux délégués le contenu d'un cours régional sur les techniques du froid prévu aux Iles Cook et, bien qu'il n'ait pas fait l'objet d'une recommandation particulière, le principe de ce cours a été vivement appuyé par la Conférence.

A la suite de plusieurs entretiens informels entre la CPS et le PNUD, il est apparu que le regroupement de ces deux activités au sein d'un projet intégré présenterait de nombreux avantages. Il a donc été décidé de lancer ce projet intitulé "Projet régional d'étude et de formation dans le domaine du froid" qui reprend effectivement les deux volets exposés ci-dessus, et la CPS a été désignée comme ordonnateur.

Les activités prévues au titre de ce projet intégré ont été brièvement présentées en août 1984 à la Seizième Conférence technique régionale des pêches de la CPS qui les a approuvées. Il s'agit des activités suivantes :

Phase I (Enquête)

i) Enquête par questionnaire. Un questionnaire sera adressé aux pays membres de la CPS pour recueillir des informations sur le nombre et le type d'appareils frigorifiques en service dans le secteur de la pêche de la région. Les réponses au questionnaire seront utilisées pour la mise au point définitive de l'activité ii).

Dates : juillet - août 1984

ii) Mission d'étude dans certains pays membres de la CPS par l'agent des pêches de la CPS et le consultant spécialiste des techniques du froid. Ils s'entretiendront avec les agents des services des pêches et les représentants du secteur privé des problèmes de réfrigération, étudieront les installations frigorifiques locales et leur implantation, recueilleront des données sur les coûts de fonctionnement et autres éléments du même ordre et apporteront leurs concours et conseils techniques si besoin est. Cette équipe aura également des entretiens avec les candidats au cours de la phase II afin d'apprécier leurs qualifications et compétences et d'adapter le plus exactement possible le programme du cours aux besoins et problèmes de la région.

Dates : septembre - octobre 1984

iii) Préparation d'un rapport qui comprendra un inventaire du matériel frigorifique en service dans la région, des informations détaillées sur les conditions de fonctionnement les plus fréquemment rencontrées et sur les caractéristiques auxquelles doit répondre le matériel, un inventaire des principaux problèmes, une liste de critères recommandés pour les futures installations et une évaluation des besoins à court et à long terme de la région en matière de formation aux techniques du froid.

Dates : novembre 1984

Phase II (Formation)

i) Cours de formation aux techniques du froid de dix-huit semaines à raison de huit heures par jour à Rarotonga (Iles Cook). La coordination sera assurée par le même consultant spécialiste des techniques du froid avec, le cas échéant, l'aide ponctuelle d'autres consultants. Le cours comprendra des séances de formation théoriques et techniques (environ 210 heures), des séances de laboratoire ou d'atelier pour la formation pratique (environ 430 heures) et un stage pratique (160 heures).

Dates : février - juin 1985

La mission prévue dans le cadre de la phase I a eu lieu du 24 août au 6 octobre 1984. Les pays dans lesquels s'est rendue l'équipe ont été choisis en accord avec les délégués à la Conférence; en voici la liste :

Papouasie-Nouvelle-Guinée
 Iles Salomon
 Kiribati
 Tuvalu
 Iles Marshall
 Etats Fédérés de Micronésie
 Polynésie française
 Samoa-Occidental
 Tonga
 Fidji
 Vanuatu

Dans presque tous les cas, les questionnaires (dont un exemplaire est reproduit à l'annexe 1a.) avaient été remplis avant l'arrivée de l'équipe et ils ont été extrêmement utiles lors des visites de terrain et des discussions.

Le présent rapport a été établi à l'issue de la phase I du projet. Il a pour objet de donner des informations sur les principaux types de matériels frigorifiques en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique, de préciser leurs défauts et, dans la mesure du possible, d'en identifier les causes et de proposer des solutions éventuelles, enfin d'évaluer les besoins en matière de formulation dans ce domaine. Il convient toutefois de noter que ce rapport ne porte pas sur les installations frigorifiques de type industriel, c'est à dire celles utilisées par les pêcheries thonières industrielles de la région. Dans ce cas, il s'agit d'installations ayant une capacité de stockage plus grande (de 400 à 2000 tonnes) et qui, étant utilisées par des entreprises dont les importants moyens financiers leur permettent d'employer à plein temps du personnel spécialisé qualifié, ont en règle générale une longue durée de vie utile et un fonctionnement satisfaisant. Enfin, le présent rapport ne porte pas sur le matériel frigorifique embarqué à bord des navires, sauf pour ce qui est des observations générales sur les principes de base de la réfrigération et qui peuvent s'appliquer aux conteneurs réfrigérés et aux générateurs de glace embarqués à bord des navires, équipements qui sont aussi couramment utilisés à terre.

3. PRINCIPES FONDAMENTAUX

3.1 Généralités

On appelle refroidissement l'opération qui consiste à extraire de la chaleur d'un corps, c'est-à-dire à inverser le sens du transfert thermique qui se produit normalement d'un corps chaud vers un corps plus froid. Le présent rapport n'a pas pour objet d'être un manuel de référence sur la question, mais il nous est toutefois apparu nécessaire de rappeler certains principes importants indispensables à la compréhension de questions qui seront traitées dans les chapitres suivants. Nous avons cependant voulu que ce chapitre soit le plus court et le plus simple possible, afin que le lecteur non spécialiste puisse comprendre les chapitres suivants. On trouvera à l'annexe 3a une bibliographie détaillée sur les différents aspects de la théorie et de la technique du froid.

3.2 Chaleur sensible et chaleur latente

La chaleur sensible est la chaleur fournie ou soustraite à un corps avec variation de sa température. Un apport d'énergie est nécessaire pour provoquer une augmentation de la température de toute substance. La quantité d'énergie nécessaire pour élever d'un degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$) la température d'un gramme d'une substance est caractéristique de cette substance et est appelée chaleur massique. Lorsqu'un gramme d'une substance donnée se refroidit ou est refroidi d'un degré Celsius, la chaleur massique se dégage à l'extérieur. La chaleur massique de l'eau est de 4,187 joules, le joule (J) étant l'unité de base utilisée dans le système métrique international pour caractériser l'énergie calorifique. Dans le domaine du froid, on utilise plus souvent le kilojoule (kJ), 4,187 kJ étant la quantité d'énergie qu'il faut fournir à un kilo d'eau pour élever sa température de 1°C . L'unité britannique, la Btu (British thermal unit) est la quantité de chaleur qu'il faut fournir à une lb (livre britannique) d'eau pour élever sa température de 1°F (Fahrenheit); le kJ et la Btu correspondent à peu près à la même quantité d'énergie : $1 \text{ kJ} = 0,9630 \text{ Btu}$; $1 \text{ Btu} = 1,0384 \text{ kJ}$. Le tableau 1 donne la chaleur massique de certains matériaux courants.

Tableau 1 : Chaleur massique de certains matériaux courants

Matériau	Chaleur massique kJ/kg/ $^{\circ}\text{C}$
Bois	1,369
Fer	0,540
Cuivre	0,398
Verre	0,783
Brique	0,837
Glace	2,110
Eau	4,187
Saumure de chlorure de sodium à 20%	3,559
R717 (ammoniac)	4,606
R502	1,068
R12	0,892
R22	1,089

(D'après : Althouse, Turnquist et Bracciano, 1982.
Modern Refrigeration and Air Conditioning)

On appelle chaleur latente la chaleur absorbée ou extraite lorsqu'une substance change d'état : passage de l'état solide à l'état liquide, de l'état liquide à l'état gazeux et inversement. Le transfert de chaleur latente ne s'accompagne pas de changement de température mais il est beaucoup plus important dans le domaine du froid que le transfert de chaleur sensible car les quantités d'énergie en cause sont plus grandes. Lorsque l'eau à 0°C change d'état et devient de la glace à 0°C, la chaleur latente de fusion, ou de solidification, qui est de 335 kJ/kg pour l'eau, est libérée à l'extérieur. Réciproquement, la même quantité d'énergie est absorbée lorsque la glace à 0°C fond pour devenir de l'eau à 0°C. Comme on l'a vu ci-dessus, la quantité de chaleur requise pour élever la température de cette eau n'est que de 4,187 kJ/kg/°C, il faut donc la même quantité de chaleur pour transformer un kilo de glace en un kilo d'eau que pour faire passer la température de ce même kilo d'eau de 0°C à 85°C.

Ces principes sont la base même du fonctionnement des systèmes frigorifiques classiques. Normalement, on place le frigorigène à proximité du produit à refroidir, puis on le force à subir un changement de phase (de l'état liquide à l'état gazeux) au cours duquel il extrait du produit sa chaleur latente d'évaporation. On l'éloigne ensuite du produit et on le force à revenir à l'état liquide par condensation, processus au cours duquel il libère la chaleur qu'il a absorbée. Le pouvoir de refroidissement d'une substance qui change d'état est beaucoup plus grand que celui d'une substance qui ne change pas d'état. Le tableau 2 donne la chaleur latente de vaporisation de plusieurs frigorigènes.

Tableau 2 : Chaleur latente de vaporisation de frigorigènes courants

Frigorigène	Chaleur latente de vaporisation (ou de condensation) kJ/kg
Eau	2257 à 100°C
R717 (ammoniac)	1314 à -15°C
R502	160 à -15°C
R12	159 à -15°C
R22	217 à -15°C

(D'après Althouse, Turnquist et Bracciano, 1982
Modern Refrigeration and Air conditioning)

3.3 Rapport surface-volume

Tout corps absorbant ou dégageant de la chaleur par transmission thermique à sa surface, le débit de transfert thermique est fonction de la surface du corps. La quantité de chaleur que le corps en question peut absorber, emmagasiner ou dégager est fonction de son volume. Ainsi, un corps de grand volume conservera une plus grande quantité de chaleur qu'un corps de faible volume tandis qu'un corps ayant une grande surface aura un pouvoir de transmission de chaleur supérieur à celui d'un corps ayant une faible surface. Le rapport de la surface sur le volume (S/V) est donc important pour déterminer les caractéristiques de rétention et de transmission de chaleur d'un corps.

En règle générale, les corps de petites dimensions ont des rapports S/V nettement supérieurs aux corps de grandes dimensions. Un cube de glace de 8g et de 2 cm de côté a un rapport S/V de 24/8, soit 3, tandis qu'un pain de glace de 8 kg de 40 cm x 20 cm x 10 cm a un rapport S/V de 2800/8000, soit 0,35. Si l'on donne à ce pain de 8 kg la forme d'un cube de 20 cm de côté, son rapport S/V est de 2400/8000, soit 0,3. Dans les mêmes conditions, le dernier de ces blocs (cube) fondrait plus lentement que le premier parallélépipède, étant donné que la surface par laquelle peuvent s'effectuer les transferts thermiques est plus faible.

Ce principe s'applique à tous les équipements frigorifiques. Un petit coffre congélateur domestique aura un facteur d'absorption thermique par unité de volume plus élevé qu'une chambre de congélation de 10 tonnes, et celle-ci aura une conductivité thermique supérieure à celle d'une chambre froide de 400 tonnes. L'amélioration de l'isolation a donc une incidence proportionnellement plus grande sur le rendement des petites installations.

3.4 Transmission de chaleur en régime établi

Le flux thermique d'une zone chaude vers une zone froide par l'intermédiaire d'un corps solide est fonction de la différence de température entre les deux zones, de la conductivité thermique (K) du matériau considéré et de la distance séparant les deux zones. Comme on l'a vu ci-dessus, la perte ou le gain de chaleur d'un corps se produit sur toute sa surface et l'énergie thermique est donc transmise en permanence à la surface et à partir de celle-ci. Le principe de l'isolation de tout appareil frigorifique est de diminuer la transmission de chaleur superficielle en utilisant des matériaux de surface ayant une faible conductivité thermique et une épaisseur appropriée. La conductivité thermique (K) de certains matériaux courants est la suivante :

Tableau 3 : Conductivité thermique de certains matériaux

Matériaux	Conductivité thermique (K) J/s/m ² /m d'épaisseur/°C
Polystyrène expansé et matières plastiques analogues	0,025
Air	0,04
Balsa	0,07
Bois tendre	0,10
Bois dur	0,15
Verre, matières plastiques (non expansées)	1,10
Mur en béton	1,80
Plomb, fer, acier	55,00
Aluminium	100,00
Cuivre, laiton	200,00

(Différentes sources)

Dans la plupart des cas, la faible conductivité thermique des matériaux s'explique par la présence dans ces matériaux d'un grand nombre de cavités aériennes, l'air étant un très bon isolant.

La formule suivante permet de calculer le flux thermique au travers d'une surface donnée de matériaux :

$$R = \frac{K \times A \times (T_1 - T_2)}{L}$$

Où : R = flux thermique (joules/seconde)

K = conductivité thermique (joules/seconde/m²/m d'épaisseur/°C)

A = surface (m²)

T₁ = haute température (°C)

T₂ = basse température (°C)

L = épaisseur du matériau (m)

A titre d'exemple, une surface d'un mètre carré d'une paroi en mousse de polyuréthane de 4 cm (0,04 m) d'épaisseur (valeur K = 0,025) d'un congélateur à -20°C dans une température ambiante supérieure à 20°C laissera passer :

$$\frac{0,025 \times 1 \times (40)}{0,04} = 25 \text{ joules/seconde (watts)/m}^2, \text{ soit } 90 \text{ kilojoules/heure/m}^2$$

En doublant l'épaisseur de l'isolant, la perte de chaleur serait réduite de moitié, soit 45 kilojoules/heure.

Mais, dans la pratique, d'autres facteurs viennent compliquer le problème. Par exemple, l'apport de chaleur aux parois extérieures d'une enceinte frigorifique dépend dans une large mesure du mouvement de l'air. Dans des conditions statiques, une couche d'air immobile autour de l'enceinte servira d'isolant supplémentaire. En revanche, des turbulences se créent à l'arrière d'un véhicule réfrigérant se déplaçant à une vitesse de 60 km/h; elles empêchent ainsi la formation de cette couche d'air isolante et augmentent considérablement l'apport de chaleur aux surfaces extérieures de l'enceinte.

La notion de transmission de chaleur en régime établi s'applique généralement lorsque l'on considère l'apport de chaleur dans des installations frigorifiques où les températures internes et externes sont relativement constantes ou sont considérées comme telles. Dans d'autres cas, il s'agit d'un transfert de chaleur en régime variable et les méthodes simples indiquées ci-dessus pour évaluer le flux de transfert thermique ne sont plus applicables. C'est notamment le cas en ce qui concerne la congélation des poissons : lorsqu'un poisson ou un carton de poissons est refroidi, les couches extérieures gèlent d'abord et leurs caractéristiques de transfert thermique se modifient au cours de cette opération. A mesure que le produit refroidit, la différence de température entre l'intérieur du poisson et de l'air environnant décroît, modifiant encore le flux de transfert thermique. C'est pourquoi dans un tel cas le processus de refroidissement est déjà défini par un ensemble d'équations beaucoup plus complexe.

3.5 La conservation du poisson au froid

Le poisson et les autres produits de la mer sont essentiellement composés de protéines, de graisses et d'eau dans lesquelles sont dissous de nombreux sels, sucres et autres substances. Lorsqu'un poisson meurt, les bactéries commencent à décomposer les protéines, les graisses et autres éléments nutritifs; les graisses s'oxydent à l'air et deviennent rances, et les enzymes contenues dans les cellules et les liquides organiques commencent à dénaturer les protéines. Tous ces phénomènes, qui se produisent plus rapidement à des températures élevées, entraînent une dégradation du poisson; la conservation au froid a donc pour but de les retarder.

Par suite de réactions chimiques simples, ces phénomènes interviennent environ deux fois plus vite si la température augmente de 10°C; il s'agit là cependant d'une règle empirique qui s'applique à l'altération due à l'action des enzymes et de l'air. L'altération bactérienne ne se produit pas de la même façon. Les bactéries sont abondantes dans le mucus recouvrant les écailles et dans les viscères du poisson, mais la flore bactérienne varie d'un poisson à l'autre en fonction des zones et profondeurs de pêche et en fonction de la température, certaines bactéries étant plus actives à basse température. Toutefois, dans l'ensemble, la prolifération microbienne diminue avec l'abaissement de la température et s'arrête au-dessous de -10°C.

Le refroidissement du poisson a donc pour effet de retarder considérablement l'altération sous toutes ses formes. La congélation permet de franchir une étape supplémentaire en provoquant la solidification des substances qui composent le poisson. Ainsi, les molécules ne peuvent se déplacer vers les zones où interviennent les réactions de dégradation, ce qui accroît considérablement la durée de stockage du produit. Il convient toutefois de noter que le poisson n'est jamais congelé intégralement. A mesure que la température décroît, les éléments se solidifient ou congèlent les uns après les autres. L'eau composant les tissus commence à geler à -2 ou -3°C, étant donné qu'il s'agit d'une solution de sels. Au début de la congélation, de nombreux éléments dissous sont "exclusés" de la glace et restent en solution à des concentrations plus fortes, ce qui abaisse encore plus le point de congélation du liquide restant. D'autres substances ont des propriétés différentes, mais le résultat est qu'une partie du poisson ne gèle pas. A -5°C, 75 à 85% environ sont gelés; à -20°C, cette proportion passe à 85-93% et à -100°C, le poisson est congelé à 99% environ. A -180°C, rien ne permet de dire que le poisson est congelé à plus de 99%.

Le rapport entre la température et la durée de conservation n'est pas simple en raison des changements chimiques qui interviennent dans la composition du poisson à mesure qu'il se congèle. Ainsi, -15°C est une température charnière à partir de laquelle la durée de conservation augmente beaucoup plus rapidement en fonction de l'abaissement de la température. Cela s'explique par le fait qu'entre -2 et -15°C, l'eau contenue dans les tissus n'est pas complètement gelée et les sels et les enzymes sont de plus en plus concentrés, ce qui accroît les possibilités de réaction chimique et annule dans une certaine mesure les effets positifs du refroidissement. A une température inférieure à -15°C, l'eau des tissus est gelée et la plupart de ces composés chimiques sont immobilisés.

Lorsqu'un poisson, ou toute autre denrée, est placée dans un milieu à basse température, il perd de la chaleur par sa surface et ce sont donc les couches extérieures qui refroidissent en premier. A mesure que se poursuit ce processus, l'effet de refroidissement ou le "front froid" pénètre plus profondément dans le produit. Sa surface diminue donc, ainsi que la vitesse de transfert thermique. Le fait que la chaleur à l'intérieur du poisson doive être transmise jusqu'à la surface avant d'être extraite retarde le transfert thermique. La distance

que doit parcourir la chaleur est plus grande dans les poissons ronds de grande taille et peut retarder notablement le refroidissement des parties intérieures, durée pendant laquelle l'altération par voie enzymatique ou autre peut continuer à se produire. C'est là une des raisons principales pour lesquelles il est préférable de congeler rapidement le poisson dans une installation spécialement conçue à cette fin plutôt que de le congeler lentement comme cela se passe avec une installation normalement conçue pour assurer le stockage de produits congelés.

La deuxième raison est liée aux propriétés chimiques des cristaux, notamment des cristaux de glace. Si une solution contient à la fois des cristaux de petite et de grande taille, les molécules tendront à passer des petits cristaux vers les plus grands. Ce processus entraînera en fin de compte la disparition de la plupart des petits cristaux et l'accumulation de toutes les molécules dans un nombre relativement faible de grands cristaux.

Dans un poisson frais, non congelé, l'eau de constitution est principalement concentrée dans les cellules. Lorsque la congélation est rapide, de petits cristaux de glace se forment dans chaque cellule, les tissus eux-mêmes n'étant pratiquement pas physiquement touchés lors de la décongélation du produit.

Lorsque la congélation est lente, quelques cristaux de glace isolés les uns des autres commencent à se former. La glace se développe ensuite par agrandissement de ces cristaux et non par création de nouveaux cristaux. Les cristaux ont tendance à se former entre les cellules plutôt qu'à l'intérieur, et lorsque l'eau passe à travers la paroi cellulaire pour rejoindre les cristaux en développement, certaines des cellules se vident. Lors de la décongélation d'un produit congelé de cette façon, les fluides biologiques ne sont plus contenus dans les cellules et sortent de la chair, c'est ce qu'on appelle exsudation, et l'on obtient un produit dur et déshydraté.

Pendant l'entreposage au froid, des phénomènes de recristallisation se produisent si la température varie. En effet, chaque fois que la température du produit augmente, une partie de la glace qu'il contient fond; lorsque la température diminue à nouveau, l'eau de fusion gèle à nouveau à la surface des cristaux de glace plus gros. S'il y a des morceaux de glace à la surface du produit (ils peuvent se former, par exemple, lorsque l'ouverture des portes introduit de l'air humide qui se condense à la surface du produit), la glace s'échappera du poisson à chaque variation de température. C'est un problème propre aux denrées stockées dans des meubles congélateurs accessibles aux clients qui, en fouillant dans les coffres, font passer en permanence le produit du fond à la surface et inversement, d'où des variations de température.

Enfin, signalons le problème de la déshydratation pendant le stockage au froid. L'eau s'évapore à toutes les températures, y compris lorsque le produit est congelé. De l'air froid circule dans les congélateurs et enceintes frigorifiques classiques, entraînant l'extraction de l'humidité du produit qui se condense ensuite sur les serpentins de l'évaporateur ou dans d'autres endroits. Dans une enceinte frigorifique, cela donne un produit desséché et terni, la solution à ce problème consiste à recouvrir le produit d'une couche de glace. Dans une chambre de congélation, il se produit une "brûlure de congélation" qui à l'extrême, donne au poisson un aspect fibreux et poreux ressemblant au balsa. La solution dans ce cas consiste à givrer le poisson après sa congélation ou à l'emballer dans des cartons ou des sacs plastiques. En tout état de cause, ces mesures sont souhaitables car elles permettent de réduire le contact du produit avec l'air et, par conséquent, de ralentir l'oxydation des graisses et le rancissement qui continuent à intervenir lentement dans tout produit congelé.

4. PRINCIPAUX SYSTEMES FRIGORIFIQUES

4.1 Généralités

Le matériel frigorifique actuellement disponible effectue le transfert de la chaleur d'un corps froid vers un corps chaud par l'un des trois procédés suivants : compression, absorption, thermo-électrique (effet Peltier). De ces trois procédés, le premier est de loin le plus courant et c'est celui qui est utilisé dans tout le matériel frigorifique de taille commerciale et industrielle en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique ainsi que dans la plupart des applications domestiques. Le système à absorption est utilisé dans les réfrigérateurs et congélateurs ménagers à gaz ou à pétrole et des expériences sont en cours pour la mise au point d'installations photovoltaïques à absorption qui trouveront certainement à l'avenir des applications dans la région. Le procédé thermo-électrique ou électronique est cher et ne convient qu'à un certain nombre d'applications très spécialisées; bien que des équipements photovoltaïques de ce type soient actuellement en cours d'expérimentation, il est peu probable qu'ils soient prochainement mis sur le marché.

4.2 Le système à compression

Le principe fondamental du refroidissement par voie mécanique est l'évaporation d'un fluide frigorigène. Pour que l'évaporation se produise, le frigorigène doit absorber sa chaleur latente de vaporisation du milieu ambiant, c'est-à-dire qu'il doit bouillir. La température à laquelle se produit cette évaporation est fonction de la pression à la surface du fluide. Par exemple, l'eau bout à 100°C à une pression absolue de 1,03 kg/cm² (soit la pression atmosphérique au niveau de la mer), mais si la pression passe à 7 kg/cm², la température d'ébullition est alors de 170°C. Inversement, si la pression est réduite à 0,07 kg/cm², la température d'ébullition est abaissée à 39°C.

On peut utiliser l'eau comme frigorigène primaire, mais il faut alors maintenir des pressions très faibles pour atteindre les températures d'évaporation normalement nécessaires. Par conséquent, on emploie comme frigorigène primaire d'autres fluides dont les températures d'ébullition à la pression atmosphérique sont inférieures, comme l'ammoniac (R717) et différents types d'hydrocarbures halogénés (R11, R12, R22, R502).

Le cycle de compression s'effectue dans quatre organes principaux : l'évaporateur (serpentin refroidisseur) dans lequel bout le frigorigène choisi; le compresseur, pompe qui refoule le frigorigène à l'état gazeux dans le système et qui, en abaissant la pression dans l'évaporateur, permet au frigorigène de bouillir à une température plus faible; le condenseur, habituellement refroidi par air ou par eau, dans lequel se produit la condensation du frigorigène et donc l'extraction de chaleur par ce fluide; et le détendeur qui commande l'écoulement du fluide frigorigène vers l'évaporateur et dont le réglage permet de contrôler la pression interne du système et, par conséquent, son pouvoir frigorifique. Le cycle frigorifique élémentaire est reproduit à la figure 1.

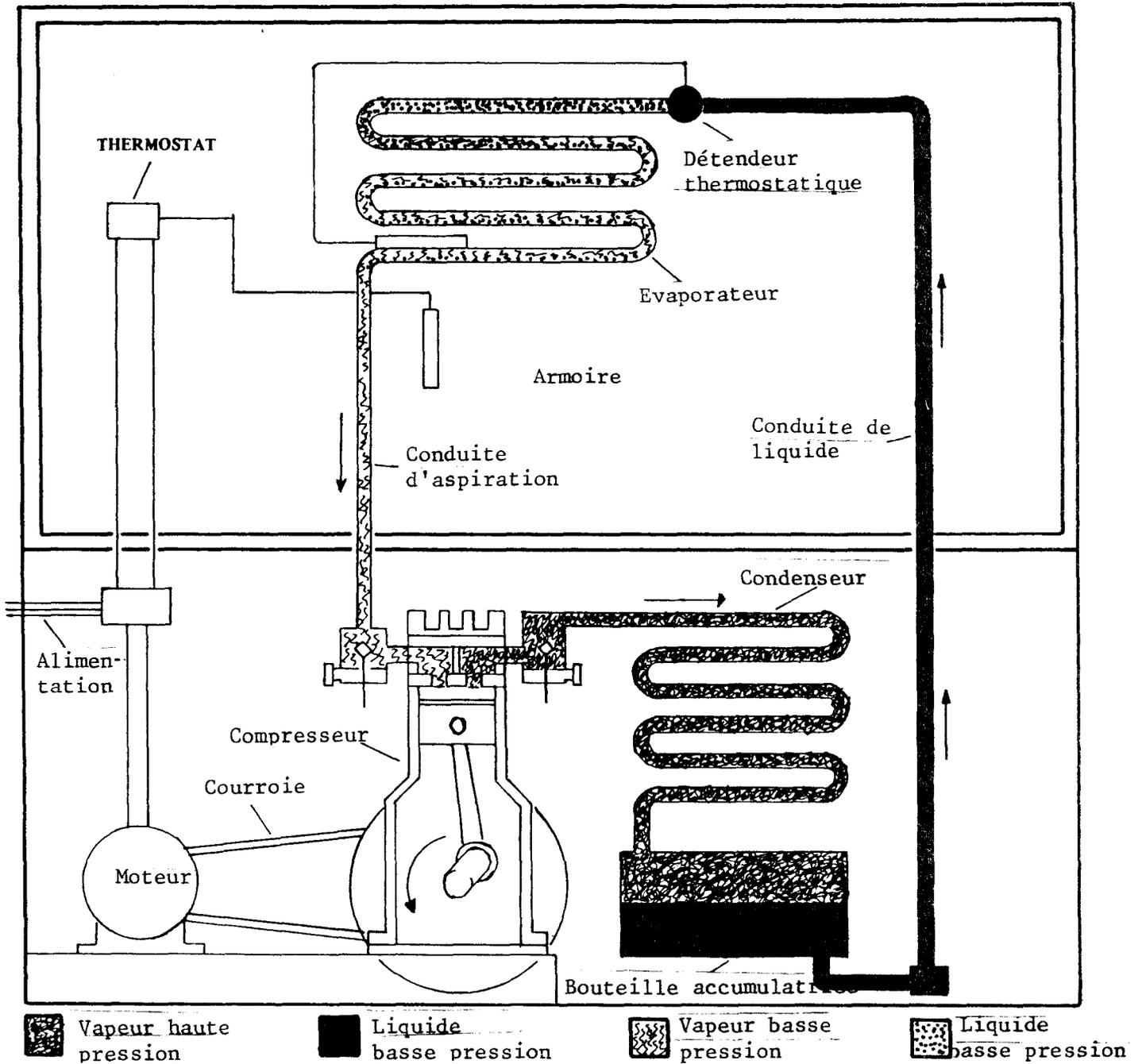


Figure 1. Cycle frigorifique élémentaire (machine à compression)

(D'après Althouse, Turnquist et Bracciano : Modern Refrigeration and airconditioning)

En plus de ces éléments de base, un grand nombre d'autres composants servent à alimenter, à réguler et à contrôler l'installation. Il s'agit notamment des organes suivants : moteur du compresseur, ventilateurs et moteurs pour augmenter la circulation d'air sur les serpentins du condenseur et de l'évaporateur, pompes et tours de refroidissement, séparateurs et réservoirs d'huile de graissage, voyants et déshydrateurs de frigorigène, robinets de dérivation, séленоïdes et commutateurs électriques, ainsi que les agrégats servant spécialement à la fabrication de glace, à la congélation en plaques, etc. Les différents organes de l'installation sont traités au chapitre 5.

4.3 Le système à absorption

Dans le secteur des pêches, ce système n'est utilisé que dans les congélateurs et réfrigérateurs domestiques à gaz ou à pétrole, dans des endroits où il n'y a pas d'autres sources d'alimentation. La différence fondamentale entre le système à compression et le système à absorption est que dans le premier, une pompe (compresseur) sert à faire circuler le frigorigène comme on l'a vu ci-dessus. Dans le système à absorption, une source de chaleur (combustion de gaz ou de pétrole, élément chauffant électrique) fait circuler le frigorigène en provoquant une certaine évaporation et donc une augmentation de pression. L'extraction du gaz de l'évaporateur résulte de sa dissolution dans un solvant liquide. Dans les appareils ménagers, le frigorigène est généralement de l'ammoniac et le solvant de l'eau. L'eau absorbe l'ammoniac (d'où le nom donné au système) et le libère à un stade ultérieur.

Certains organismes de recherche dans le domaine des énergies nouvelles et renouvelables étudient actuellement des systèmes à absorption modifiés dans lesquels le chauffage est assuré par voie solaire. Toutefois, vu la faible diffusion des appareils à absorption, l'absence d'installations de ce type (à l'exception des applications domestiques) dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique et le fait qu'il est peu probable que ce système se généralise dans un proche avenir, il n'en sera plus question dans la suite du présent document.

4.4 Refroidissement thermo-électrique

Le refroidissement thermo-électrique est fondé sur l'effet Peltier par lequel un dégagement ou une absorption de chaleur se produit par le passage d'un courant à travers les jonctions de deux métaux ou semi-conducteurs différents. Une installation frigorifique fonctionnant suivant ce principe utilise un courant continu basse tension passant à travers des éléments dans lesquels se produit l'absorption de chaleur, les électrons jouant le rôle du frigorigène. Cette méthode n'est généralement appliquée que pour de petits appareils de luxe à faible consommation utilisés dans les pays développés dans le domaine des loisirs (voitures et bateaux). Aucun appareil de ce type n'est utilisé dans le secteur des pêches du Pacifique. Ce système peut être utilisé avec des installations photovoltaïques (électricité solaire), mais il est peu probable qu'il débouchera sur des applications commerciales dans le Pacifique dans un proche avenir.

5. ORGANES STANDARDS D'UNE INSTALLATION FRIGORIFIQUE

5.1 Généralités

Bien que le matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des îles du Pacifique soit de conception et de fonctionnement différents, les composants eux-mêmes sont remarquablement standards. Pour chaque élément, il n'y a qu'un nombre restreint de modèles différant du modèle de base et, dans certains cas, des éléments vendus sous des marques commerciales différentes sont en fait le même matériel provenant d'un seul fabricant. Ainsi, bien que les possibilités de combinaison des matériels existants soient pratiquement illimitées, on peut trouver des compresseurs identiques dans une chambre de réfrigération et dans un générateur de glace, ou les mêmes serpentins évaporateurs dans un congélateur à air soufflé d'une tonne et dans une chambre froide de dix tonnes.

L'objet de ce chapitre est de présenter les fonctions des principaux types d'organes standards avant de traiter des installations dans lesquelles ils sont mis en oeuvre. Etant donné que tout le matériel frigorifique utilisé dans le secteur des pêches sur une base commerciale (et pratiquement tous les autres équipements) que nous avons vu au cours de cette enquête fonctionne suivant le principe de la compression, nous ne parlerons pas des autres systèmes frigorifiques (absorption et thermo-électrique).

Outre les organes de base que sont le compresseur, l'évaporateur, le condenseur et le détenteur (cités au chapitre 4), indispensables au fonctionnement du système, un grand nombre d'autres éléments servent généralement à la commande, à la sécurité et autres fonctions. Certains de ces dispositifs sont essentiels, d'autres ne sont utilisés que dans des cas particuliers ou pour des configurations spéciales. On peut voir à la figure 2 l'emplacement des organes que l'on trouve normalement dans la plupart des installations.

5.2 Compresseur

Le compresseur aspire le frigorigène gazeux formé dans l'évaporateur et le comprime à la pression à laquelle se produit sa condensation.

Les compresseurs généralement utilisés dans la zone d'action de la CPS sont des compresseurs à piston à simple effet, bien que l'on puisse parfois rencontrer d'autres types comme les compresseurs centrifuges ou hélicoïdes à un ou deux cylindres. Les compresseurs alternatifs sont généralement des machines à grande vitesse à plusieurs cylindres disposés sur une, deux, trois ou quatre rangées dans un seul carter. La tendance actuelle est d'utiliser un nombre relativement important de pistons de faible diamètre et des vitesses de rotation d'arbre de 750 à 1500 tours/minute. Afin d'adapter la puissance aux besoins des grandes installations, on peut mettre hors service un ou plusieurs cylindres ou rangées de cylindres soulevant les clapets d'aspiration de leurs sièges en stoppant l'arrivée de vapeur dans les cylindres voulus ou en utilisant un relai électro-magnétique pour ouvrir ou fermer une vanne de dérivation.

Il existe trois principaux types de compresseurs alternatifs :

- i) ouvert : l'énergie délivrée par un moteur électrique ou thermique séparé est transmise au compresseur par des courroies ou par tout autre moyen mécanique.

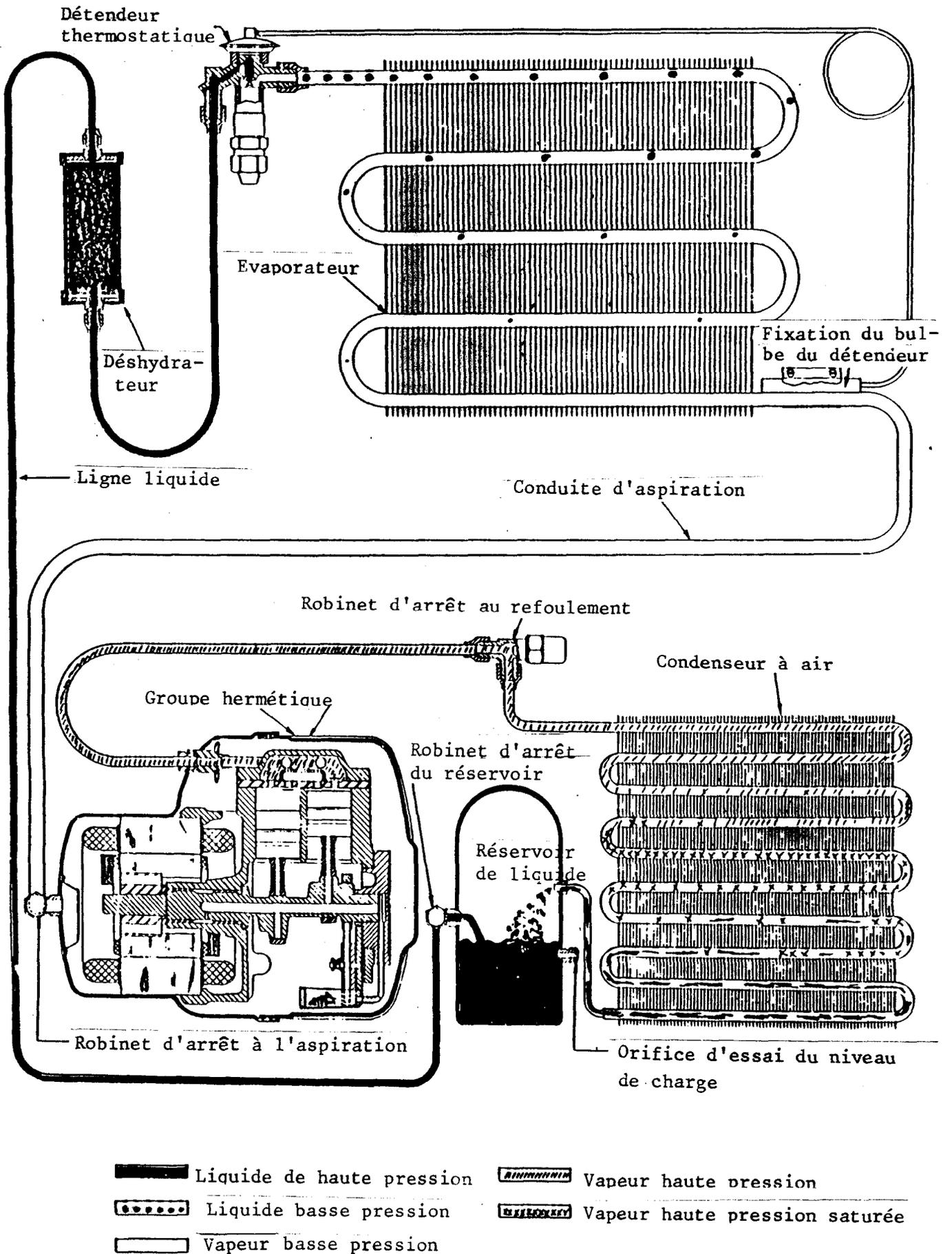


Figure 2. Schéma d'implantation des principaux éléments d'une installation frigorifique à compression type

(D'après Althouse, Turnquist et Bracciano : Modern Refrigeration and airconditioning)

- ii) semi-hermétique : compresseur directement accouplé à un moteur électrique et enclos dans un même carter fermé par boulonnage;
- iii) hermétique : compresseur directement accouplé à un moteur électrique et enclos dans un même carter rendu étanche par soudage. Les compresseurs hermétiques ont, en règle générale, une puissance égale ou inférieure à 5 CV et sont utilisés dans les installations ménagères ou commerciales de faible capacité.

Ces trois types sont largement utilisés dans les installations frigorifiques du secteur des pêches de la région, chacun présentant des avantages et des inconvénients. Avec un compresseur à carter ouvert, il est facile de remplacer un moteur grillé ou en panne, mais, une maintenance plus importante sera nécessaire pour aligner les courroies, entretenir les paliers et prévenir tout défaut d'étanchéité au passage de l'arbre. Le moteur électrique d'un compresseur semi-hermétique est à l'abri de l'humidité et de la poussière, mais il est plus difficile à entretenir et un moteur grillé doit être remplacé par un autre moteur ayant les mêmes caractéristiques et les mêmes dimensions. Toute intervention sur les groupes hermétiques impose de découper le carter et de le ressouder, opérations de maintenance qui ne peuvent donc être faites que par des spécialistes. De l'acide peut également s'accumuler dans les groupes hermétiques et semi-hermétiques et attaquer les bobinages du moteur en cas de forte chaleur et de dégagement d'huile important.

5.3 Evaporateur

C'est dans cet élément que se produit le refroidissement. Réduit à sa plus simple expression, l'évaporateur est un récipient contenant le frigorigène et entouré de la substance à refroidir, qui peut être de l'air, de l'eau, de la saumure, etc. On s'efforce généralement de lui donner la plus grande surface possible afin d'obtenir un fort coefficient de transfert thermique et, ainsi, d'améliorer le rendement du système. A titre d'exemple, on trouve de petits évaporateurs dans le compartiment à glace d'une armoire ménagère. Les grands évaporateurs peuvent être constitués d'un ensemble de nappes de tubes, fixé au plafond et sur les parois d'une chambre froide et provoquant le refroidissement par la circulation naturelle de l'air, ou d'un ensemble de tubes de dimensions réduites, avec ou sans ailettes externes, la circulation de l'air à travers la batterie frigorifique étant activée par un ventilateur. Pour le refroidissement des liquides, l'évaporateur peut consister en une grille immergée dans un bac contenant le liquide; il peut également s'agir d'un échangeur multitubulaire à calandre, le frigorigène étant placé dans la cuve et le liquide à refroidir circulant dans le serpentin, ou inversement, cette dernière méthode étant apparue depuis peu. Des évaporateurs spéciaux sont utilisés pour la congélation; il s'agit, par exemple, des évaporateurs à plaques à compression hydraulique utilisés dans les congélateurs par contact.

Dans les chambres froides et les chambres de congélation utilisées dans le secteur des pêches de la région, on a généralement recours à la circulation forcée d'air. Bien que ce procédé soit beaucoup plus efficace que la circulation naturelle de l'air, il entraîne un surcroît de maintenance du ventilateur et du moteur, la déshydratation accélérée du produit et, en règle générale, une augmentation du givrage du serpentin de l'évaporateur. Un dégivrage régulier doit donc être effectué et la plupart des serpentins sont maintenant équipés de systèmes automatiques de dégivrage, électriques, par gaz chauds ou autres, qui peuvent fonctionner plusieurs fois par jour.

5.4 Condenseur

C'est à cet endroit du circuit qu'interviennent le refroidissement et la condensation de la vapeur comprimée et que la chaleur absorbée par l'évaporateur, plus l'équivalent calorifique du travail fourni par le compresseur sont évacués par le frigoporteur du condenseur. Les condenseurs peuvent être à air, à eau ou mixtes. La plupart des condenseurs que nous avons pu voir au cours de cette étude étaient refroidis par air, suivant le même principe qu'un radiateur de voiture. Le condenseur se compose d'un tube serpentin dont la surface est augmentée par un grand nombre d'ailettes suffisamment écartées pour assurer le passage de l'air activé par un ventilateur. Comme dans le cas des évaporateurs, le ventilateur entraîne un surcroît d'entretien et de consommation d'énergie; en revanche, il accroît notablement le rendement de ce type de condenseurs par rapport à ceux qui n'ont pas de ventilation assistée et que l'on ne trouve généralement que dans les petits appareils comme les réfrigérateurs et congélateurs ménagers.

Etant plus compacts, les condenseurs à eau sont généralement utilisés dans les installations frigorifiques de grandes dimensions, mais on les trouve aussi de plus en plus dans les installations commerciales petites et moyennes, objet du présent rapport, étant donné qu'existent maintenant des tours de refroidissement à récupération d'eau efficaces et compactes. Les condenseurs à eau comportent un échangeur thermique à calandre dans lequel l'eau circulant dans les tubes absorbe la chaleur du frigorigène compris entre les tubes et la calandre. Lorsque l'eau est abondante et bon marché, elle n'est pas recyclée mais simplement évacuée après être passée dans le condenseur. Cependant, il est plus fréquent de récupérer l'eau après l'avoir fait passer dans un refroidisseur où elle perd une partie de sa chaleur latente de vaporisation. Dans les petits tours de refroidissement à usage commercial, l'eau est refoulée au sommet de la tour d'où elle retombe par gravité sur un ensemble de plaques ou de chicanes dont la grande surface augmente le débit d'évaporation. Ce processus est encore renforcé par l'utilisation d'un ventilateur qui active la circulation d'air dans les chicanes. L'eau de ruissellement ainsi refroidie est collectée dans une cuvette inférieure où une pompe la reprend pour la ramener dans les rampes de pulvérisation. Les pertes d'eau par évaporation et éclaboussement sont compensées par un apport d'eau fraîche qui permet également de maintenir un léger trop-plein dans la cuvette réceptrice afin d'éliminer en permanence les poussières et impuretés qui auraient pu entrer dans le circuit.

5.5 Détendeur

Le détendeur a pour fonction de réguler le débit du fluide frigorigène admis à l'évaporateur. Si la quantité de chaleur absorbée par l'évaporateur varie de temps en temps, ce qui est généralement le cas, le débit d'évaporation du frigorigène peut ne pas être le même que son débit d'admission. C'est la raison pour laquelle le problème principal que pose le type de détendeur le plus simple, à savoir une soupape à commande manuelle, est que si le régime de charge n'est pas stationnaire, il faudra modifier fréquemment le réglage de l'organe de détente. Différents systèmes de régulation automatique ont donc été mis au point pour réagir aux variations de charge; ces systèmes peuvent être classés en trois grandes catégories :

i) Tube capillaire

Il s'agit d'un long tube de faible diamètre, utilisé dans les appareils ménagers et les installations commerciales de faible capacité, qui laisse passer à l'évaporateur une quantité donnée de frigorigène quelles que soient les conditions de service.

Ce système est très simple et bon marché, mais il ne présente pas les avantages du détendeur thermostatique exposés ci-après. En outre, le débit du frigorigène ne pouvant être adapté aux besoins, le diamètre du capillaire devra être calculé en fonction de la charge maximale.

ii)

Détendeur thermostatique

C'est, de loin, le système de régulation le plus couramment utilisé dans les installations objet du présent rapport. Le détendeur thermostatique maintient une différence de température constante entre la température d'évaporation et la température de la vapeur à la sortie de l'évaporateur en faisant varier le débit du fluide admis dans l'évaporateur. Ce réglage s'effectue par un thermobulbe situé sur le tube de sortie de l'évaporateur. Le bulbe thermostatique est relié par un capillaire au détendeur situé à l'entrée de l'évaporateur. La détente ou la compression du gaz contenu dans le bulbe agit sur une membrane, ou soufflet, qui provoque l'ouverture ou la fermeture d'un robinet à aiguille, faisant ainsi varier le débit du frigorigène. Ainsi, à mesure que la vapeur sortant de l'évaporateur se refroidit (traduisant une diminution de la charge calorifique), le fluide contenu dans le bulbe se contracte et exerce une pression moindre à l'ouverture du robinet à pointeau. Les pressions opposées exercées par un ressort taré et par le frigorigène haute pression passant au travers du robinet font fermer le robinet et réduisent le débit de frigorigène. A un moment donné, le robinet sera complètement fermé. A mesure que le compresseur continue à refouler de la vapeur provenant de l'évaporateur, la pression du côté basse pression décroît jusqu'à activer un pressostat qui arrêtera le cycle. Si le réglage est correct, la mise hors circuit n'interviendra pas avant que le compresseur ait refoulé pratiquement tout le frigorigène dans la bouteille accumulatrice. Ce système prévient aussi le noyage de l'évaporateur et toute difficulté ultérieure de démarrage.

iii)

Autres types

Il existe plusieurs autres types de régulateurs, mais ils ne sont pas beaucoup utilisés. Le détendeur automatique maintient une pression constante dans l'évaporateur, correspondant à la pression minimale de service de l'installation. Dans le passé, ces détendeurs automatiques ont surtout été utilisés dans les petites installations comme les réfrigérateurs ménagers ou les conservateurs de produits congelés, mais ils ont maintenant été remplacés par ces tubes capillaires. On voit également parfois des organes de détente à flotteur haute ou basse pression, mais ils ne sont utilisés dans la région que pour les installations à ammoniac de taille industrielle.

5.6 Séparateur d'huile

La plupart des compresseurs utilisent une certaine quantité d'huile de graissage qui passe du carter aux cylindres avec le gaz frigorigène et retourne au compresseur par la conduite d'aspiration. Dans la plupart des cas, il est souhaitable de réduire le plus possible la quantité d'huile pénétrant dans l'évaporateur car l'huile nuit au rendement du frigorigène et du serpentin évaporateur. Il est donc indispensable d'installer un dispositif pour déshuiler le frigorigène gazeux avant qu'il ne pénètre dans l'évaporateur. Les gouttelettes d'huile peuvent être séparées par réduction de la vitesse du gaz, par effet centrifuge ou par piégeage. La plupart des séparateurs d'huile utilisent une combinaison de ces principes; par exemple, un réservoir de grand diamètre contenant une "charge" quelconque comme des granulés ou un treillis métallique assure à la fois la diminution de la vitesse et le piégeage. L'huile tombe au fond du séparateur et, en général lorsqu'elle atteint un certain niveau, un flotteur ouvre une vanne de façon à ce que l'huile retourne au carter du compresseur.

Il convient aussi de noter que les séparateurs d'huile ne sont pas totalement efficaces et qu'une certaine quantité d'huile passe donc dans le condenseur et dans l'évaporateur. Dans le cas du frigorigène 12, l'huile sera complètement miscible avec celui-ci, même à basse température; aussi l'évaporateur pourra-t-il être équipé d'un rectificateur qui, en chauffant de faibles quantités du mélange riche en huile, séparera par évaporation l'huile du frigorigène et la refoulera dans le carter du compresseur.

5.7 Réservoir de liquide

Les variations de charge étant courantes, la quantité de frigorigène à admettre dans l'évaporateur sera extrêmement variable et devra donc être ajustée automatiquement en un point quelconque du circuit entre le condenseur et le détendeur. Pour ce faire, on monte une bouteille accumulatrice de liquide juste après le condenseur. Cette réserve se compose d'un réservoir de dimensions appropriées ayant des raccords d'entrée et de sortie de liquide et, quelquefois, une jonction supplémentaire entre le haut du réservoir et le condenseur qui sert d'évent.

Dans certains cas, la contenance du réservoir est suffisante pour recevoir la totalité du frigorigène, ce qui peut être utile lorsque l'on doit procéder à des réparations sur l'installation.

5.8 Déshydrateur

Cet appareil est destiné à réduire la teneur en eau du frigorigène. En effet, l'humidité pénétrant dans le système en cas de défaut d'étanchéité ou pour toute autre cause entraîne la corrosion de certains métaux, la formation d'acide dans l'huile de graissage et un mauvais fonctionnement du détendeur par suite du givrage de celui-ci. Le déshydrateur se compose essentiellement d'un réservoir contenant un agent déshydratant approprié comme le gel de silice ou l'alumine activée que le fluide traverse de bas en haut. En général, un voyant est placé dans le circuit à proximité du déshydrateur; il permet de vérifier le niveau de frigorigène et est habituellement pourvu d'un indicateur dont le changement de couleur traduit la présence d'humidité.

5.9 Bouteille anti-coup de liquide

Il s'agit d'un réservoir placé dans certaines installations juste avant le compresseur afin d'éviter que du frigorigène liquide ne pénètre dans le compresseur. En effet, les compresseurs sont conçus pour refouler uniquement de la vapeur, la bouteille anti-coup de liquide sert donc de chambre d'évaporation.

5.10 Autres organes

De nombreux autres organes peuvent être ajoutés au système de base représenté à la figure 2 pour répondre à des besoins particuliers ou pour des applications spéciales. Il s'agit notamment d'échangeurs thermiques de différents types, de séparateurs de liquide, de refroidisseurs intermédiaires, de régulateurs de pression d'évaporation et autres dispositifs de régulation. Certaines installations comportent également des discontacteurs haute et basse pression pour la mise hors circuit de l'installation en cas d'incident de fonctionnement ou de dépassement de limites de températures fixées.

5.11 Frigorigènes

Le frigorigène primaire utilisé dans le système frigorifique à compression est généralement l'un des composés suivants : frigorigène 12 (R12), R22, R502 ou ammoniac (R717). Les trois premiers font partie des hydrocarbures halogénés, ou frigorigènes de sécurité, qui ont remplacé l'ammoniac car ils sont non toxiques, ininflammables et non corrosifs, ce qui n'est pas le cas de l'ammoniac. Ce dernier est toutefois encore utilisé dans les installations anciennes de grande capacité où son faible coût et son efficacité l'emportent sur les inconvénients qu'il présente.

Chacun des trois frigorigènes de sécurité a des applications propres :

- i) R12 - Sa température d'ébullition à la pression atmosphérique est d'environ -29°C . Son pouvoir d'absorption de la chaleur latente est le plus faible des trois et il est utilisé dans la plupart des installations ménagères et des installations à température moyenne (entrepôts frigorifiques, certains générateurs de glace, etc.).
- ii) R22 - Sa température d'ébullition à la pression atmosphérique est d'environ -41°C ; il a de meilleures caractéristiques d'absorption de la chaleur latente que le R12 et est utilisé dans certains générateurs de glace et congélateurs mais moins fréquemment (notamment dans la région où il est difficile à obtenir) que le R12 ou le R502.
- iii) R502 - Sa température d'ébullition à la pression atmosphérique est d'environ -46°C . Le R502 est un mélange azéotropique de 48,8 pour cent de R22 et de 51,2 pour cent de R115. Son pouvoir d'absorption de la chaleur latente est le plus élevé des trois; on l'utilise généralement dans les installations à basse température comme les congélateurs à air forcé et les congélateurs par contact.

L'utilisation de frigorigènes ayant de basses températures d'ébullition impose des pressions de service supérieures; par conséquent, le matériel doit être plus robuste, ce qui augmente les coûts de fabrication ainsi que les risques de fuite.

Un frigorigène secondaire sert à extraire de la chaleur des produits à refroidir en la transférant au frigorigène dans l'évaporateur. Dans un congélateur à air forcé ou dans une chambre froide, l'air constitue le frigorigène secondaire, mais pour certaines applications, comme les générateurs de pains de glace et les congélateurs par immersion, on utilise des liquides, comme l'eau, les alcools, les glycols ou les sels. Dans la zone d'action de la CPS, les saumures de chlorure de sodium ou de chlorure de calcium sont presque toujours utilisées dans les générateurs de pains de glace et les congélateurs par immersion.

6. BILAN DE FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES EN SERVICE DANS LA REGION

6.1 Généralités

Au cours des missions effectuées dans onze pays et territoires insulaires du Pacifique, les auteurs du présent rapport ont pu voir un grand nombre d'installations frigorifiques utilisées dans le secteur des pêches et discuter des problèmes rencontrés. Les installations, dont la liste est reproduite à l'annexe, peuvent être classées dans les grandes catégories suivantes :

- Générateurs de glace en pain et, plus rarement, autres systèmes comme les congélateurs à saumure, utilisant un frigorigène secondaire.
- Générateurs de glace en paillettes, à tambour, à tubes et à plaques.
- Chambres de réfrigération et chambres froides négatives de dimensions variables, et congélateurs à air forcé.
- Rarement, autres types de congélateurs (par exemple, congélateurs à plaques).
- Comptoirs frigorifiques du commerce.
- Matériel à usage essentiellement domestique, comme les coffres congélateurs ménagers et, plus rarement, les réfrigérateurs.

Bien que de formes et de fonctionnement différents, toutes ces installations fonctionnent sur le principe du refroidissement mécanique par compression et les systèmes de base ont beaucoup de points communs. En particulier, les compresseurs, les condenseurs et, dans une moindre mesure, les évaporateurs sont des éléments communs à toutes les installations et, dans de nombreux cas, sont interchangeables dans certaines limites d'une installation à l'autre.

Nous exposons ci-après certains des problèmes posés par les installations frigorifiques dans les pays visités. Nous donnons tout d'abord une synthèse des réponses au questionnaire qui a été diffusé aux pays membres. Nous traitons ensuite des principaux organes, puis des installations elles-mêmes dans l'ordre des catégories ci-dessus, et enfin nous présentons des observations sur les avantages et inconvénients de chaque modèle résultant des discussions que nous avons eues avec les utilisateurs et des caractéristiques que nous avons relevées. N'ayant pu observer seulement qu'un faible nombre de matériels de chacune des nombreuses marques, il est difficile de faire des comparaisons objectives entre les produits de différents fabricants. Par conséquent, sauf mention contraire, nos commentaires ne s'appliquent en général qu'au type de matériel en question et non à des marques précises.

6.2 Synthèse des réponses au questionnaire

Le taux de réponse au questionnaire diffusé avant l'enquête a été satisfaisant. La première partie du questionnaire avait pour but d'évaluer le nombre d'installations frigorifiques en service dans le secteur des pêches du Pacifique par grande catégorie; quinze questionnaires remplis ont été reçus. Les résultats de l'évaluation sont présentés à l'annexe 1b.

La deuxième partie du questionnaire portait sur le fonctionnement des différents organes. Cent neuf questionnaires ont été retournés remplis mais quelquefois de façon incomplète. Sur la base de ces réponses, dont le détail est donné à l'annexe 2c, nous pouvons faire les observations générales suivantes :

- i) Environ 30% des installations frigorifiques ont été déclarées avoir un "fonctionnement totalement satisfaisant". Dans la plupart des cas, cette appréciation portait sur du matériel de moins de trois ans. Le fonctionnement des 70% restants pose des problèmes plus ou moins sérieux.
- ii) La cause principale des arrêts d'exploitation des installations frigorifiques est la difficulté à obtenir des pièces de rechange. Des impuretés dans le carburant, ou une alimentation électrique non stabilisée et un entretien défectueux, sont les deux autres causes de panne les plus fréquentes.
- iii) Cinquante pour cent des réponses soulignent que le manque de techniciens compétents est bien souvent à l'origine des problèmes que connaissent les installations frigorifiques.
- iv) En ce qui concerne la rentabilité, il apparaît dans 47% des réponses que le matériel en question n'est pas utilisé au maximum de sa capacité. Dans 40% des cas, le temps perdu pour cause de panne ou de non fonctionnement est un facteur qui nuit à la rentabilité.

Dans l'ensemble, les observations que nous avons pu faire durant notre enquête vont dans le même sens que les conclusions tirées des réponses au questionnaire. Nous estimons d'une part que les pays de la région ont peut-être sous-estimé l'importance de l'entretien périodique et, d'autre part, que le manque de techniciens compétents est beaucoup plus grave que ne l'indiquent les réponses au questionnaire. Nous pensons également que, dans de nombreux cas, rien n'a été fait pour déterminer le rapport performance-coût des installations frigorifiques et constatons qu'il y a dans l'ensemble un manque de données précises dans ce domaine.

6.3 Compresseurs

Tous les compresseurs observés étaient des compresseurs alternatifs à simple effet, de puissance et de dimensions extrêmement variables et utilisés dans des installations frigorifiques de conceptions différentes.

En règle générale, le compresseur lui-même pose peu de problèmes et les quelques groupes en panne que nous avons pu voir durant notre enquête avaient souffert soit d'un manque de lubrification (dans le cas précis d'une marque, ce défaut était dû au fait que le fabricant n'avait pas monté de séparateur d'huile dans l'installation frigorifique), soit un défaut d'étanchéité au passage de l'arbre, et étaient en réparation. Ce dernier problème n'a été constaté que sur les groupes ouverts à transmission par courroie et est probablement dû au fait que la tension des courroies de transmission n'a pas été réglée convenablement. Nous avons constaté que quelques compresseurs de réserve étaient entreposés dans une position telle que leur poids s'exerçait sur le rebord de la poulie; à long terme, cela entraîne une déformation du joint d'étanchéité en un seul point et, par conséquent, des fuites inévitables dès la mise en service.

En revanche, des problèmes sérieux ont été rencontrés avec les groupes moteurs de certains compresseurs, en particulier les groupes semi-hermétiques et, dans une moindre mesure, les groupes fermés. Il s'agissait toujours de groupes électriques et, dans de nombreux cas, les moteurs avaient grillé par suite de sautes de tension d'alimentation. Dans certains cas, ce problème a été aggravé par un échange de moteur, fait dans de mauvaises conditions. De la graisse et de la saleté s'étant déposées sur les bobinages des nouveaux moteurs, ceux-ci ont grillé à leur tour et on a vu certains groupes dont les moteurs avaient été remplacés trois ou quatre fois successivement. Dans le cas des compresseurs monoblocs ou semi-hermétiques, le moteur de remplacement doit avoir les mêmes dimensions que le moteur d'origine. Il peut être long de se procurer un moteur de rechange, ce qui risque de rendre toute l'installation inutilisable pendant longtemps et il y a peu de chances de trouver un groupe meilleur marché. Pour réduire les risques de pannes en série, le moteur doit être installé par un électricien compétent et minutieux, mais le moteur peut griller à nouveau si d'autres fortes sautes de tension se produisent.

Les groupes fermés et semi-hermétiques n'ont pratiquement pas besoin d'être entretenus régulièrement, ce qui n'est pas le cas des compresseurs ouverts dans lesquels il faut en permanence vérifier la tension de la courroie, le graissage des palliers, etc. Cependant, ce type d'entretien de routine est à la portée d'opérateurs ayant une formation minimum et le système ouvert présente l'avantage considérable de permettre le remplacement rapide et relativement facile du groupe par un autre groupe de puissance comparable. Le groupe peut être électrique, diesel, à essence, etc., et en cas de panne il peut être remplacé par un autre groupe pendant le temps nécessaire à sa réparation.

Dans les pays dans lesquels des variations de tension ou des coupures d'alimentation se produisent, c'est-à-dire dans la majorité des pays insulaires du Pacifique, les compresseurs ouverts ont un net avantage. Si l'on doit utiliser un groupe semi-hermétique ou hermétique, il faut alors stabiliser l'alimentation électrique pour le protéger, en dépit des coûts supplémentaires occasionnés.

6.4 Condenseurs à air et à eau

La plupart des condenseurs que nous avons vus pendant notre enquête étaient des condenseurs classiques à air, très souvent sans marque, dans lesquels la circulation forcée de l'air est assurée par un ventilateur. Cependant, quelques petits appareils à refroidissement à eau sont en service, généralement sur les générateurs de glace en palettes, et l'on peut prévoir qu'ils se généraliseront de plus en plus avec le développement de petits tours de refroidissement efficaces à récupération.

Dans l'idéal, les condenseurs à air devraient être situés à l'extérieur du bâtiment dans lequel se trouve l'installation de réfrigération proprement dite, dans un endroit bien aéré, protégé des éléments (pluie, sel, embruns, etc.) et à l'ombre. Dans la région, il est rare que ces conditions aient été réunies. Lorsque les condenseurs sont installés à l'extérieur, ils ne sont généralement pas protégés et, dans de nombreux cas, ils ont été rapidement détériorés car les serpentins ont été attaqués par la rouille et les moteurs des ventilateurs électriques et les circuits de commande ont été endommagés par l'eau de pluie. Il est

cependant plus fréquent que le condenseur soit installé à l'intérieur du bâtiment principal dans lequel se trouve l'installation frigorifique, notamment dans le cas des petites chambres de congélation et autres unités analogues où il n'est pas possible d'installer les tuyaux et les câbles qui seraient nécessaires à la mise en place du condenseur à l'extérieur. L'installation du condenseur à l'intérieur a pour conséquence une élévation de la température dans le bâtiment, entraînant une surchauffe du condenseur, une surcharge et, partant, une usure prématurée du compresseur, une baisse de rendement de l'ensemble de l'installation frigorifique et enfin de mauvaises conditions de travail pour le personnel devant travailler dans le bâtiment. Certaines des installations que nous avons visitées avaient un rendement nettement inférieur à la normale à cause d'une mauvaise circulation d'air autour du condenseur, en particulier lorsque celui-ci était placé en coin ou au-dessus des enceintes de congélation à proximité du plafond. Dans certains cas, les condenseurs étaient d'un modèle prévu pour les climats tempérés et auraient dû être surdimensionnés pour assurer un rendement satisfaisant en ambiance tropicale (températures élevées et faible circulation d'air).

Les condenseurs à air peuvent également connaître des problèmes de surchauffe et de baisse de rendement si de la poussière ou de la saleté s'accumulent entre les ailettes de refroidissement qu'un nettoyage régulier à l'aide d'une brosse souple permet d'éliminer facilement. A cette exception près, les condenseurs installés à l'abri demandent peu d'entretien et fonctionnent généralement sans incident.

Les condenseurs à eau ayant un rendement supérieur aux condenseurs à air, à puissance frigorifique égale on pourra utiliser un appareil plus compact. Les tours de refroidissement modernes de petites dimensions ont une faible consommation d'eau et les condenseurs peuvent fonctionner à une pression inférieure à celle des condenseurs à air, d'où une réduction de la consommation d'énergie et du travail du compresseur.

Cependant, les condenseurs à eau exigent plus de maintenance. En effet, ils comportent des pièces en mouvement, en particulier pompes à eau et moteur du ventilateur électriques, et un système de circulation d'eau qui, en cas d'utilisation d'eau dure ou non chlorée, peut être bloqué par des dépôts de calcaire ou d'algues. Il s'agit là de problèmes mineurs affectant un ou deux des quelques condenseurs à eau que nous avons observés au cours de notre enquête. Toutefois, la plupart de ces appareils étaient relativement neufs et fonctionnaient convenablement, à l'exception d'un appareil qui s'était pratiquement désintégré suite à la corrosion du carter de la tour et des chicanes métalliques due à la forte salinité de l'air marin. Lorsque ces équipements sont mis en oeuvre à proximité de la mer ou dans des zones où l'eau peut être saumâtre, il est donc indispensable d'utiliser des matériaux qui ne soient pas sujet à la corrosion au moins pour les chicanes et, si possible, pour le carter.

6.5 Évaporateurs à circulation forcée

Les évaporateurs sont de formes et dimensions variables suivant l'usage auquel ils sont destinés. En règle générale, il s'agit d'un long tube serpentin qui peut être placé sur la paroi interne d'un bac à saumure ou d'un mouleau à glace, sur la paroi interne du tambour d'un générateur de glace en paillettes ou à l'intérieur des plaques d'un congélateur par contact. Nous ne traiterons dans ce chapitre que des évaporateurs à circulation forcée normalement utilisés dans les chambres froides et les congélateurs à air soufflé. Le cas échéant, il sera question des types d'évaporateurs plus spécialisés dans les chapitres suivants consacrés aux appareils pour applications spéciales.

Les évaporateurs à air forcé ressemblent quelque peu aux condenseurs à air : ils sont constitués d'un tube serpentin dont la surface est augmentée par des ailettes entre lesquelles l'air est aspiré ou refoulé par un ventilateur électrique. Le débit du frigorigène dans l'évaporateur, donc sa puissance frigorifique, est commandé par le détendeur thermostatique.

Comme les condenseurs à air, les évaporateurs de ce type fonctionnent généralement sans incident s'ils sont installés et entretenus convenablement. A l'exception du moteur du ventilateur, il y a peu de pièces en mouvement susceptibles de tomber en panne. L'accumulation de glace entre les ailettes peut fortement diminuer le rendement, aussi faut-il procéder régulièrement au dégivrage. Sur la plupart des évaporateurs modernes, le dégivrage est automatique. Vu le climat généralement humide des pays insulaires tropicaux de la région, l'ouverture fréquente des portes des chambres froides ou des congélateurs provoque une entrée d'air humide qui accélère le givrage du serpentin de l'évaporateur, phénomène qui n'a généralement pas été prévu dans les installations en service dans la région. Il s'agit là pratiquement du seul problème rencontré avec les évaporateurs, bien que nous ayons constaté que certains avaient des ailettes tordues et endommagées à cause du manque de précautions du personnel travaillant dans les chambres froides.

Certaines des installations qui nous avaient été signalées comme fonctionnant mal ou ayant un rendement inférieur au rendement prévu souffraient en fait d'un givrage des évaporateurs et d'une mauvaise disposition du produit sur les étagères ou d'une circulation insuffisante de l'air autour du produit par suite de l'obstruction des arrivées d'air. Mais il s'agit là d'un problème de conception ou d'utilisation (qui sera traité au point 6.7) et non d'une défaillance de l'évaporateur.

6.6 Groupes frigorifiques cavaliers

Le principe du groupe cavalier est le même que celui des climatiseurs : l'ensemble du système frigorifique est monté sur un châssis, l'évaporateur étant situé d'un côté et le condenseur de l'autre. Ces agrégats sont montés au travers des parois ou du plafond de la chambre froide et sont généralement totalement autonomes en ce qui concerne la régulation de la température et du débit.

L'utilisation de ces appareils s'est généralisée ces dernières années à mesure de la mise au point de modèles légers, compacts et de grande puissance frigorifique. Au cours de notre enquête, nous avons noté que des groupes de ce type étaient utilisés dans plusieurs installations de congélation et de refroidissement. Ils présentent plusieurs avantages sur les systèmes frigorifiques classiques : ils sont transportables, faciles à installer et à remplacer et peuvent être facilement démontés pour les opérations d'entretien ou de réparation. Il est en outre possible d'installer plusieurs groupes dans une chambre froide afin de répondre aux variations de charge en arrêtant un ou plusieurs appareils.

En revanche, ils présentent un certain nombre d'inconvénients. Du fait même de leur légèreté, ils sont moins robustes que les appareils conventionnels et, dans l'ensemble, leur durée de service devrait être limitée. Nous avons observé plusieurs groupes montés dans des murs donnant sur l'extérieur qui avaient fortement souffert de la corrosion et des effets des intempéries. Cependant, dans la plupart des cas, les groupes cavaliers sont montés dans les parois de chambres frigorifiques, elles-mêmes situées à l'intérieur du bâtiment. Dans ce cas, les groupes dégagent de la chaleur à l'intérieur du bâtiment, augmentant ainsi la température ambiante, d'où une baisse de rendement et de moins bonnes conditions de travail pour les personnels travaillant à proximité.

En ce qui concerne les opérations d'entretien et de réparation, les groupes cavaliers présentent l'avantage de pouvoir être facilement démontés et, si besoin est, transportés dans un atelier; si l'on dispose d'un groupe de rechange, on peut alors le mettre en place. Cette compacité a toutefois un inconvénient, à savoir que de nombreux organes sont moins accessibles que dans les systèmes frigorifiques traditionnels. La plupart des groupes cavaliers ont des compresseurs semi-hermétiques, on retrouve donc les inconvénients propres à ce type de compresseurs (voir le point 6.3) et il faut les protéger autant que faire se peut contre les variations de tension. En règle générale, il est beaucoup moins facile, pour des questions de place, de remplacer des composants par d'autres modèles; les systèmes ouverts se prêtent donc mieux aux "bricolages" ou réparations de fortune. Dans de nombreux cas, l'utilisation de groupes cavaliers permettra de réaliser des économies importantes sur les coûts de construction des installations et de mise en place des systèmes, bien que la consommation d'électricité soit, à long terme, certainement supérieure à celle d'une installation conventionnelle équivalente. Il est possible d'ajouter ou d'enlever relativement facilement des groupes pour modifier la puissance frigorifique d'un congélateur ou d'une chambre froide, leur installation est simple et ils peuvent être entretenus ou réparés par les techniciens spécialisés dans les climatiseurs et le matériel domestique. En conséquence, en dépit de leurs limites, la souplesse de mise en oeuvre et d'utilisation des groupes cavaliers devrait se traduire par une généralisation de ces appareils dans la région.

6.7 Chambres froides, entrepôts frigorifiques et congélateurs à air soufflé

On classe dans cette catégorie les enceintes ou chambres isolées pourvues d'un système frigorifique qui crée une baisse de la température à l'intérieur. Le refroidissement est généralement, mais pas toujours, produit par un évaporateur à circulation forcée. Les congélateurs à air soufflé ont une puissance frigorifique suffisamment grande pour assurer l'extraction rapide de la chaleur d'un produit non congelé. Pendant la congélation, la majeure partie de l'eau et une partie des huiles contenues dans le produit libèrent leur chaleur latente de fusion. Ainsi, la puissance frigorifique d'un congélateur à air soufflé doit être beaucoup plus grande que celle d'un conservateur ou d'une chambre froide dans lesquels le système frigorifique ne sert qu'à éliminer la chaleur ambiante pénétrant dans l'enceinte à travers la paroi isolante, en cas d'ouverture de porte, etc. Le volume de l'enceinte, la puissance du système frigorifique et la quantité, la nature et la disposition du produit placé à l'intérieur auront donc ensemble une incidence sur le pouvoir de l'enceinte à atteindre et maintenir les températures voulues dans le temps voulu en fonction des conditions ambiantes.

Ce dernier facteur, à savoir la quantité, la nature et la disposition du produit, est de la toute première importance. Quelle que soit l'installation, congélateur à circulation d'air, conservateur à une certaine température, chambre froide et autres, sa puissance frigorifique sera toujours exprimée pour une quantité donnée de produit sous une forme donnée. Ainsi, un congélateur à air soufflé prévu pour congeler à -20°C en quatre heures 800 kg de poissons de 1 kg disposés sur des plateaux ne donnera pas les mêmes résultats si on le charge de 1200 kg de poissons ou si les 800 kg prévus sont entassés sur le sol ou contre une paroi, ou si on remplace 800 vivaneaux de 1 kg par 16 thons de 50 kg. De même, un conservateur conçu pour maintenir à -20°C dix tonnes de poissons précongelés sera nettement surchargé si on introduit une tonne de poissons à $+25^{\circ}\text{C}$ pour les congeler, opération qui peut prendre plusieurs jours (voir le point 7.6).

Cela peut sembler évident, mais le fait est que des mauvaises utilisations du genre de celles que nous venons de citer étaient la règle et non l'exception dans un nombre élevé des installations frigorifiques que nous avons vues. Cela ne veut pas dire que les utilisateurs ont tort de remplir de seaux d'eau un conservateur pour produire de la glace. En effet, les problèmes d'exploitation qui se posent toujours dans la pratique obligent généralement les utilisateurs à faire des entorses au règlement pour mener à bien leur travail, et si les pêcheurs veulent acheter de la glace et que le générateur de pains de glace est en panne, la solution de dépannage évidente est d'utiliser le conservateur pour produire de la glace. Toutefois, si l'on est obligé de recourir à cette solution, il ne faut pas s'étonner si l'installation frigorifique n'est pas capable de maintenir la température dans l'enceinte à -20°C et si le poisson congelé qui y est stocké se dégrade.

Cet exemple fictif illustre ce qui est apparu comme étant peut-être le problème le plus important des installations frigorifiques du secteur des pêches de la région, à savoir que l'on impute la mauvaise performance des installations frigorifiques au matériel lui-même et non au fait que l'installation sert à d'autres fins que celles pour lesquelles elle a été conçue. Ce problème affecte essentiellement les chambres de congélation et de conservation ainsi que les congélateurs domestiques, car il est difficile d'utiliser les matériels des autres catégories, comme les machines à glace, à d'autres fins.

Ce problème du "détournement" se trouve aggravé du fait que, à quelques rares exceptions près, les installations frigorifiques commerciales que nous avons pu voir étaient sous-utilisées dans leurs fonctions premières. Par exemple, bon nombre de conservateurs contenaient des quantités de poissons nettement inférieures à leur capacité réelle. Dans ce cas, il est difficile de ne pas vouloir faire des économies, qui en fait n'en sont pas, en utilisant la place disponible dans le conservateur pour congeler du poisson frais au lieu de gaspiller de l'énergie en mettant en marche le congélateur à air forcé. Là encore, cette démarche se défend si on l'adopte en connaissance de cause, soit, dans le cas présent, savoir qu'il est mauvais pour le produit que l'on veut congeler, mauvais pour le produit conservé et mauvais pour le matériel d'utiliser le conservateur à cette fin.

Nous verrons en détail au chapitre 8 comment il convient de tenir compte de ces facteurs au stade de la mise en oeuvre et de l'exploitation des installations frigorifiques. Cependant, nous les mentionnons ici car il est difficile de procéder à une comparaison ou à une évaluation objectives de la plupart du matériel frigorifique en service dans la région. Si l'on fait abstraction de défauts manifestes présentés parfois par certains matériaux ou par certaines techniques de construction des chambres froides, il est difficile de mesurer la performance relative des différents types et modèles de chambres froides et de congélateurs, notamment sur le plan de la rentabilité. Dans les rares cas où l'on dispose de données sur le volume de produit traité et sur les frais de fonctionnement, ces données peuvent être sans valeur si le conservateur est surchargé par la congélation de poissons qui doivent ensuite être vendus comme produits de qualité inférieure car la congélation a été trop lente, ou si les portes de l'enceinte restent trop longtemps ouvertes chaque jour.

Quoi qu'il en soit, nous avons constaté quelques défauts généraux dans l'ensemble des installations que nous avons visitées. Le premier est une tendance à la sous-isolation. La plupart des chambres frigorifiques étaient constituées de panneaux de polyuréthane ou de polystyrène expansé de 7 à 10 cm d'épaisseur avec revêtement d'aluminium et écran pare-vapeur intégral. Dans certains cas, nous avons vu des panneaux dont l'épaisseur ne dépassait pas 5 cm. La perte de chaleur par les parois d'une chambre froide peut être importante, en particulier dans les petites enceintes ayant un rapport surface/volume élevé. Lorsque l'installation n'est pas utilisée à pleine charge, les parois peuvent constituer la principale source d'entrée de chaleur. On verra au chapitre 8 comment évaluer les économies d'énergie que permet de réaliser une sur-isolation. Bien que l'importance relative d'une mauvaise isolation varie d'un cas à l'autre, on peut estimer de façon empirique qu'une épaisseur de 15 cm convient aux conditions régnant dans la région. Une telle épaisseur n'a été trouvée que sur des armoires ménagères fabriquées en Polynésie française pour fonctionner à l'énergie solaire.

Une autre cause de pénétration de la chaleur et de l'humidité dans les enceintes est l'ouverture fréquente des portes et la détérioration des joints autour de celles-ci. Nous avons constaté que ces facteurs contribuent dans une large mesure au givrage des serpentins de l'évaporateur, ainsi qu'à l'introduction de chaleur dans l'enceinte. Il convient donc de vérifier régulièrement l'état des joints de porte et, si besoin est, de les remettre en état ou de les changer. Dans certains cas, les responsables se heurtent au problème des portes laissées ouvertes par le personnel. Bien qu'il n'y ait pas de remède miracle au manque d'attention de la part des utilisateurs, certaines entreprises des Etats-Unis ont, pour résoudre ce problème, mis en place des alarmes sonores extrêmement puissantes qui se déclenchent lorsqu'une porte est restée ouverte un certain temps, deux minutes, par exemple. Cette solution devrait être envisagée sérieusement dans certains endroits de la région où se pose en permanence ce problème des portes d'installations frigorifiques laissées ouvertes.

Nous avons constaté que dans plusieurs chambres frigorifiques les revêtements isolants avaient été endommagés, quelquefois sérieusement, par des caisses ou des cartons manipulés sans soin à l'intérieur. Les panneaux isolants sont suffisamment rigides pour être autoportants dans les petites enceintes mais ils ne résistent pas aux chocs des caisses et chariots;

ils doivent donc être protégés du côté intérieur et, dans les zones particulièrement exposées, à l'extérieur, par un revêtement en bois. Des perforations du revêtement aluminium des panneaux peuvent sembler superficielles, mais elles provoquent en réalité une rupture du pare-vapeur intégral qui a pour fonction d'empêcher la migration de la vapeur d'eau à travers l'isolant. Dans ce cas, le panneau perd son pouvoir isolant à mesure que l'humidité s'infiltré dans la mousse. En outre, lorsque la température est inférieure à 0°C, la vapeur d'eau gèle, ce qui la fait augmenter de volume et fait éclater la structure cellulaire de la mousse isolante et la sépare du revêtement aluminium. Dans une installation, nous avons constaté la séparation totale du revêtement aluminium des panneaux du plafond, vraisemblablement à la suite d'un tel phénomène.

Un autre défaut constaté sur certaines installations étaient la rupture du seuil de porte situé trois à cinq centimètres au-dessus du niveau du plancher. En plus de réduire la capacité d'isolation de la porte, cela rompt le pare-vapeur de la paroi isolante et la migration de la vapeur d'eau qui en résulte réduit l'efficacité de l'isolant. Ce problème peut être résolu simplement en montant les portes au niveau du plancher, sans seuil, ou en remontant le plancher intérieur de deux à cinq centimètres par rapport au plancher extérieur. Dans cette dernière solution, la porte vient s'appuyer contre le plancher surélevé, ce qui présente en outre l'avantage de faciliter le nettoyage de la chambre.

6.8 Présentoirs et matériels domestiques

Nous présentons ces équipements dans la même catégorie étant donné qu'ils ont de nombreux éléments communs, que leur puissance frigorifique est faible et qu'ils sont conçus pour conserver de petites quantités seulement.

Les présentoirs du commerce ont des applications particulières et aucun problème majeur n'a été rencontré avec ce type de matériel au cours de l'enquête. La plupart des installations que nous avons vues se composent d'un plateau réfrigéré placé dans un meuble pourvu d'une vitre frontale, seuls les vendeurs ayant accès aux produits. Ce système est préférable dans la plupart des cas car il assure des conditions d'hygiène satisfaisantes et permet de contrôler la manutention du produit. Quelques appareils étaient du type libre-service, consistant essentiellement en un congélateur ou coffre frigorifique fermé par un couvercle transparent permettant au client de voir et de choisir son poisson et de se servir lui-même. Dans la plupart des cas, la porte vitrée non isolée étant givrée, le client ne pouvait pas voir le poisson distinctement et devait donc ouvrir le coffre. Le principe du libre-service incite aussi le client à fouiller dans le coffre avant de faire son choix. Le déplacement du produit entraîne inévitablement un changement de température et, partant, la migration de glace comme on l'a vu en détail au point 3.5, ce qui nuit à la qualité du produit et doit donc être évité. Les présentoirs libre-service ne conviennent généralement pas à la commercialisation dans les tropiques du poisson ou des produits de la pêche congelés.

Certains utilisateurs de comptoirs frigorifiques ont signalé la tendance du produit à se dessécher par suite de la circulation forcée d'air dans le meuble. Les ventilateurs placés à l'intérieur afin de maintenir le produit à basse température ont en fait provoqué sa déshydratation. Il s'agit là d'un problème auquel il n'y a pas de solution immédiate autre qu'entourer le produit d'une couche de glace. Cette solution va quelque peu à l'encontre de la finalité d'un présentoir frigorifique, bien qu'elle puisse contribuer à mieux mettre le produit en valeur.

Dans les circuits de commercialisation du poisson de la région, il est également fréquent de trouver des coffres congélateurs ménagers et autres appareils analogues qui sont utilisés indifféremment pour congeler le produit, le stocker pour des durées plus ou moins longues et le présenter aux consommateurs. Les observations faites ci-dessus au sujet des comptoirs libre-service s'appliquent dans l'ensemble à cette dernière utilisation. Les clients ouvrent fréquemment le couvercle ou la porte du congélateur, faisant ainsi pénétrer de l'air chaud et humide qui entraînera des variations de température et la migration de cristaux de glace. L'ouverture du couvercle d'un coffre congélateur, qui peut intervenir plusieurs fois par heure, peut provoquer un changement complet de l'air.

En règle générale, les congélateurs ménagers ne sont pas conçus pour congeler d'importantes quantités de produits, mais ils donnent de bons résultats pour de petites quantités. Certains modèles pourvus d'un ventilateur brasseur d'air disposent également d'un panier de congélation placé juste devant le ventilateur, ce qui permet de congeler le produit comme dans un congélateur à air forcé. Le fait que le panier ne puisse généralement recevoir qu'une dizaine de kilos au maximum indique la puissance réelle de congélation de ces appareils et correspond bien au fait qu'ils sont principalement, sinon uniquement, conçus pour assurer la conservation de produits congelés. En les chargeant, comme c'est souvent le cas, de produits non congelés, non seulement on surcharge le système frigorifique, mais en outre on obtient une congélation extrêmement lente et, par conséquent, un produit de basse qualité. Il est quelquefois arrivé que l'on constate après décongélation que le poisson était pourri, notamment dans le cas de poissons de grande taille non vidés car les enzymes des viscères avaient largement eu le temps d'attaquer l'intérieur de la chair avant que le point de congélation ne fut atteint. Il est quasiment sûr qu'une grande partie des poissons ou des produits de la mer vendus après avoir été congelés dans des congélateurs ménagers ne satisfont pas aux normes d'hygiène applicables en la matière.

Les appareils ménagers ont en outre des caractéristiques physiques particulières qui les rendent pour le moins inadaptés à une utilisation commerciale. La plus évidente est la sous-isolation qui, en climat tropical, peut provoquer une très forte pénétration de chaleur, d'où un fonctionnement quasi continu du groupe frigorifique et donc des frais de fonctionnement élevés. L'épaisseur de l'isolant est rarement supérieure à 7,5 cm et plus souvent moins, allant même parfois jusqu'à 2,5 cm. Comme on l'a vu ci-dessus, l'importance d'une bonne isolation est inversement proportionnelle à la taille de l'équipement.

Parmi les autres points faibles, on relève la construction généralement légère qui n'est donc pas adaptée à un usage commercial. Le matériau isolant est peu renforcé et est donc facilement endommagé par les chocs ou par la corrosion (provoquée, par exemple, par l'eau salée s'écoulant des poissons frais). Une fois que le bardage est perforé, le pare-vapeur perd généralement de son efficacité et la vapeur d'eau s'infiltré rapidement dans l'isolant, notamment lorsque les variations de température sont grandes. En plus des dommages causés à l'isolant, la perforation du bardage provoque des problèmes beaucoup plus graves dans la majorité des appareils où la tubulure de l'évaporateur est située dans les parois de l'enceinte. Ces tubes sont généralement en acier de qualité ordinaire et se corrodent facilement une fois que l'écran d'étanchéité à la vapeur a été rompu, des fuites finiront par se produire et le congélateur ne pourra plus être utilisé. Bien qu'il soit techniquement facile de réparer des congélateurs dans cet état en remplaçant les tubes, les frais de main d'oeuvre occasionnés sont généralement trop élevés pour que la réparation soit effectuée.

6.9 Générateurs de glace en pain et systèmes à saumure

La plupart des machines de cette catégorie que nous avons vues étaient des générateurs de pains de glace de faible capacité, mais le principe de congélation par saumure est le même, si ce n'est que du poisson est congelé au lieu que ce soient des mouleaux contenant de l'eau.

Parmi les équipements frigorifiques en service dans le secteur des pêches du Pacifique, ces machines sont les seules à utiliser un fluide frigorigène secondaire qui est toujours une saumure de chlorure de sodium ou de chlorure de calcium. L'appareil se compose d'un bac à saumure dont les parois intérieures sont garnies d'un serpentín évaporateur. La saumure, refroidie par le serpentín évaporateur, refroidit à son tour de petits bacs contenant de l'eau (mouleaux), ou tout autre produit, suspendus dans le bac à saumure. Ce système permet d'assurer un contact maximum entre les surfaces du serpentín évaporateur et les mouleaux. Dans certains appareils, une pompe ou un agitateur font circuler la saumure, augmentant ainsi l'échange thermique.

Les systèmes à saumure présentent un certain nombre d'avantages, l'un des principaux étant la simplicité relative de fonctionnement et d'utilisation. A l'exception des éléments du système frigorifique, il y a peu de pièces en mouvement nécessitant des réglages, de l'entretien et des réparations, par rapport aux autres types de générateurs de glace. La plupart des composants sont facilement accessibles et sont disposés de telle sorte que les contrôles et l'entretien peuvent être effectués facilement. La plupart de ces machines sont conçues pour pouvoir être déplacées et n'ont pas besoin d'être installées en un endroit fixe. Elles présentent toutefois plusieurs inconvénients, dont certains sont propres à la saumure, et d'autres sont dus à certains organes et au mode de fonctionnement.

L'un des principaux problèmes est le fait que les saumures de chlorure de sodium et de chlorure de calcium sont très corrosives et jouent également le rôle d'électrolyses qui facilitent les phénomènes galvaniques qui se produisent entre deux métaux différents. Le bac à saumure, les serpentins évaporateurs, les mouleaux, l'hélice de brassage, etc., étant généralement fabriqués en métaux différents, les risques de dégradation

par la saumure sont considérables. Nous avons noté plusieurs générateurs de pains de glace présentant des fuites au niveau de l'évaporateur ou du bac principal qui ont finalement entraîné la mise hors service des machines en question. Dans certains appareils, les mouleaux eux-mêmes étaient en acier galvanisé et le zinc a agi comme une anode, entraînant la destruction rapide des mouleaux mais protégeant dans une certaine mesure le reste de l'installation, ce qui, vu le coût de remplacement des mouleaux, ne saurait en fin de compte être considéré comme une solution acceptable.

Une société (Norden) a commencé à fabriquer des générateurs de pains de glace ayant des bacs à saumure en fibre de verre, ce qui devrait réduire l'ampleur du problème. Toutefois, pour que le refroidissement soit le plus efficace possible, il faut que l'évaporateur et les mouleaux soient en métal (sous réserve des considérations exposées au paragraphe suivant), des problèmes sérieux continueront donc à se poser si l'on utilise des saumures électrolytiques. La durée de vie de l'installation peut être accrue en plaçant dans le bac des anodes solubles en zinc en contact électrique avec le serpentin évaporateur. Les mouleaux sont moins sujets à la corrosion étant donné que leur surface totale est grande, ce qui diminue l'effet galvanique, et qu'ils doivent dans la pratique généralement être remplacés pour cause d'usure normale (comme le fait de tomber par terre remplis de glace) avant d'être vraiment attaqués par la corrosion. Si l'on veut les protéger, le meilleur moyen consiste à leur fixer une petite anode en zinc. Il n'est pas recommandé de leur appliquer des revêtements anodiques de zinc ou des revêtements protecteurs epoxydes ou autres vernis marins. En effet, si ce revêtement est abîmé, la petite surface exposée subira un effet galvanique intense, notamment si les mouleaux sont en aluminium qui est l'un des métaux cathodiques les moins passifs.

Il semble que l'on ait attaché peu d'attention à la possibilité de fabriquer des mouleaux en matière plastique comme le polyéthylène. Les problèmes de corrosion seraient moins grands et, si les mouleaux étaient produits en grande série, leur remplacement en cas de détérioration, ce qui est fréquent, reviendrait moins cher. L'objection principale que l'on oppose généralement à cette solution est que le polyéthylène est un mauvais conducteur thermique. Cependant, pour ce qui est de la fabrication de glace en pain, les parois des mouleaux se couvrent de glace dont l'épaisseur ne fait que croître et qui annule rapidement les effets de la bonne conductivité thermique des bacs métalliques. Un pain de glace ayant d'habitude au moins 10 à 20 cm d'épaisseur, le pouvoir isolant d'une paroi de polyéthylène de 2 mm ou moins d'épaisseur serait donc relativement négligeable si l'on obtenait des avantages sur d'autres plans.

Ces problèmes pourraient être résolus en utilisant une saumure non corrosive. Cependant, cette solution se heurte dans les pays insulaires du Pacifique à deux facteurs négatifs : le coût et la disponibilité. Le chlorure de sodium est généralement bon marché et facile à obtenir, avantage non négligeable à court terme dans la majorité des cas. En outre, la plupart des autres frigorigènes secondaires sont légèrement toxiques, ce qui doit être pris en compte lorsqu'il s'agit de fabriquer de la glace qui sera mise en contact avec du poisson. Dans la plupart des cas, il est en effet pratiquement impossible d'empêcher toute contamination de la glace par la saumure.

Un autre problème physique rencontré avec les générateurs de glace dans l'ensemble de la région est un taux de vibrations beaucoup trop élevé lorsque le compresseur est entraîné directement par un moteur diesel. Habituellement, les générateurs de glace sont équipés d'un compresseur ouvert, normalement avec transmission par courroie, qui permet au fabricant d'y adapter des moteurs diesel, à essence ou électriques en fonction des besoins du client. L'agrégat est monté dans un cadre ou dans un châssis qui facilitent le transport et la mise en place.

Malheureusement, les vibrations engendrées par de petits moteurs diesel à deux cylindres dans ce type d'installation sont trop fortes et, dans certains cas, ont littéralement démonté l'appareil. Les vibrations fatiguent et fissurent les tubulures métalliques et les parties rigides du circuit, et entraînent une usure excessive des paliers du compresseur et du ventilateur. Une solution simple à ce problème consiste à séparer le moteur du reste de l'appareil. Cette solution a été adoptée sur certaines des machines les plus récentes dans lesquelles le châssis est livré en deux parties raccordées par boulonnage. Pour le montage, le cadre est séparé et les deux sections sont montées indépendamment. Dans ce cas, si l'on utilise des tuyaux de jonction souples à la place des tuyaux métalliques rigides, on diminue d'autant les phénomènes vibratoires.

Nous terminerons cette section sur les générateurs de glace en pain en parlant de leur rendement. La plupart des machines à glace que nous avons examinées étaient utilisées sur un cycle de production d'environ douze heures, donnant environ deux fournées de pains de glace par jour. Dans certains endroits, la demande en glace était inférieure à la capacité de production de la machine, celle-ci était donc mise hors service une partie de la journée et ne produisait qu'une fournée. Dans ce cas, l'énergie dépensée pour refroidir le volume important de frigorigène secondaire (saumure) est perdue car la saumure se réchauffe pendant l'arrêt de la machine. Lorsque l'appareil est remis en service, il faut refroidir la saumure, ce qui peut rallonger considérablement le temps de production et augmenter les coûts de fonctionnement. Il s'agit là d'un inconvénient des générateurs de glace en pain sous-utilisés qui ne s'applique pas à la plupart des autres types de générateurs de glace.

6.10 Générateurs de glace en paillettes (à tambour, tubes et plaques)

Dans ce type de machine, la glace se forme par congélation d'une petite cellule d'eau pulvérisée ou coulant sur une surface froide. Cette surface est soit une plaque plane, soit la face interne d'un tambour de grand diamètre, soit les faces interne ou externe d'un tube de faible diamètre (normalement 15 cm). L'évaporateur consiste en un serpentin situé au dos de la surface sur laquelle se forme la glace. Il existe différents modes de démoulage de la glace. Normalement, les machines à tambour comportent un ensemble de palettes à rotation lente qui râclent la glace de la surface, la faisant tomber dans un bac situé dans le bas de la machine. Les générateurs de glace à tubes et à plaques font passer du frigorigène chaud dans l'évaporateur, ou réchauffent d'une façon ou d'une autre la surface de congélation, ce qui fait détacher la glace qui passe dans un broyeur rotatif et tombe dans le bac inférieur. Dans le Pacifique, ce type d'installation est utilisé lorsque les besoins en glace sont supérieurs à une tonne par jour; pour des besoins inférieurs, on utilise habituellement des générateurs de glace en pain. Le générateur de glace en paillettes le plus petit que nous ayons vu avait une capacité nominale d'une tonne par jour, la plupart des autres machines ayant une capacité de cinq tonnes par jour ou plus.

Ces installations présentent de nombreux avantages. Par rapport à leur production, elles sont généralement plutôt compactes (si l'on ne tient pas compte du bac à glace), bien que ce ne soit pas toujours vrai. La production de glace est presque immédiate dès la mise en service de la machine, alors qu'elle est discontinue avec les générateurs de glace en pain. Mais ce qui constitue peut être l'avantage majeur est le fait que la collecte de la glace est automatique. En effet, avec les machines à glace en pain, la collecte est manuelle et, à pleine production, a au moins une fournée qui doit être récoltée à une heure peu pratique. Cette opération implique le vidage et le remplissage manuel des mouleaux et le transport de la glace dans une chambre froide. Par contre, dans le cas d'un générateur de glace en paillettes, la glace tombe dans un bac et la seule intervention nécessaire consiste à niveler de temps en temps le tas de glace à la pelle.

Cependant, comme avec tous les autres matériels, les générateurs de glace-écaïlle ont des inconvénients qui ont tendance à prendre une importance accrue dans le Pacifique car il s'agit presque toujours de la nécessité d'assurer un entretien parfait et de respecter des règles strictes d'utilisation. Tous les générateurs de glace-écaïlle sont beaucoup plus sophistiqués que les générateurs de glace en pain, ils comportent plus de pièces en mouvement et, pour fonctionner correctement, nécessitent des réglages pointus. L'un de ceux-ci est, dans une machine à tambour, par exemple, le réglage de l'angle et de la distance d'attaque de la surface de congélation par les palettes du racleur. Si les pales sont trop éloignées de la surface froide, la couche de glace sera trop épaisse, le rendement diminuera et les pales peuvent être tordues. En revanche, si elles sont trop près de la surface celle-ci risque d'être endommagée, notamment si les paliers de l'axe du racleur sont usés et que celui-ci n'effectue pas un mouvement parfaitement circulaire.

La plupart des générateurs de glace en paillettes que nous avons pu voir au cours de notre enquête étaient relativement neufs et avaient donc fonctionné pratiquement sans incident. Cependant, quelques modèles plus anciens étaient hors service à la suite de pannes non réparées, et quelques autres appareils n'avaient pas un bon rendement en raison de mauvais réglages et de problèmes dus à la qualité de l'eau. Dans les endroits où l'eau est dure, des dépôts de calcaire se forment dans les canalisations d'eau et les buses de pulvérisation, réduisant peu à peu le débit. L'installation d'adoucisseurs d'eau permettrait de résoudre ce problème, mais ces appareils coûtent cher, ne sont pas toujours disponibles ou, enfin, on ne peut pas avoir diagnostiqué le problème ou le négliger. Dans les endroits où l'eau est dure, au point d'être parfois presque saumâtre, les canalisations, les surfaces de congélation, etc., seront attaquées par la corrosion. Certains fabricants recommandent d'ajouter un peu de sel à l'eau, ce qui donne une glace plus molle qui se détache plus facilement de la surface de congélation. Cependant, si l'on ajoute plus de sel que ne le recommandent les fabricants, la surface froide sera attaquée par la corrosion. La rouille perturbera le processus de congélation et formera également des aspérités auxquelles la glace s'accrochera fortement, ce qui va à l'encontre du but poursuivi à l'origine en ajoutant du sel. On peut empêcher ou retarder l'adhérence de la glace à la surface froide, par suite de corrosion ou pour toute autre raison, en pulvérisant un lubrifiant alimentaire à base de silicone. Il faut sécher et lubrifier la surface tous les trois mois environ, ou plus souvent si nécessaire.

En règle générale, la consommation d'électricité d'un générateur de glace-écaïlle par kilo de glace produite doit être inférieure à celle d'une machine fabriquant de la glace en pain du fait de son rendement supérieur. Des exceptions sont néanmoins toujours possibles en raison des différences de rendement et de la consommation des organes auxiliaires des différents modèles. Si elles sont mal entretenues ou mal réglées, les machines à glace-écaïlle auront plus tendance à fonctionner en-dessous de leur puissance nominale que les générateurs de glace en pain et, comme on l'a déjà vu, les périodes de mise hors service risquent d'être plus longues car elles comportent plus d'organes susceptibles de tomber en panne. Par conséquent, avant d'acquérir une machine à glace-écaïlle, il faut être certain que l'on pourra disposer sur place d'un bon service après-vente.

6.11 Congélateurs à plaques

Dans ces appareils, des faisceaux de serpentins évaporateurs sont placés dans des caissons plats entre lesquels est disposé le produit à congeler. Ces plaques peuvent être horizontales ou verticales : lorsque les plaques sont horizontales, le produit doit généralement être mis dans des boîtes; lorsque les plaques sont verticales, le produit peut être semi-liquide. Dans les deux cas, le produit est congelé en blocs de formes et dimensions régulières et c'est là l'application principale des congélateurs de ce type.

Dans l'usage courant, les congélateurs à plaques ont été remplacés par des congélateurs à air forcé qui ont un meilleur rendement, sont moins complexes sur le plan mécanique et sont généralement moins chers. Nous n'avons vu que deux congélateurs à plaques au cours de notre étude, l'un qui n'avait jamais été utilisé, et l'autre qui ne l'avait été qu'en de rares occasions. Il n'y a donc que très peu d'expérience pratique des avantages et inconvénients de ce type de matériel.

Il nous est néanmoins possible de faire une observation d'ordre général, à savoir que dans le secteur de la pêche artisanale du Pacifique, il n'y a aucun exemple d'application où un congélateur à plaques ne pourrait pas être avantageusement remplacé par un congélateur à air forcé. Bien que certains pays commercialisent maintenant des filets de poisson et autres produits en cartons ou en boîtes de forme régulière, cela ne représente généralement qu'une faible proportion de la production totale. Un congélateur à circulation d'air est aussi efficace pour la congélation de ce genre de produit que pour les poissons entiers, tandis qu'un congélateur à plaques n'est généralement pas adapté aux produits non conditionnés. Le volume de produits semi-liquides (petits poissons, calmars, etc., qui peuvent être placés dans un congélateur à plaques verticales et congelés en blocs homogènes) est faible, voire inexistant, et ne justifierait donc pas l'utilisation de congélateurs à plaques dans la région.

6.12 Adaptations à l'énergie solaire

Dans le monde entier, plusieurs organismes de recherche étudient actuellement des systèmes frigorifiques à énergie solaire. Des prototypes sont à l'essai dans plusieurs pays du Pacifique, mais généralement pas dans le secteur des pêches. Dans la région, le leader de la recherche dans le domaine de l'énergie solaire est la Polynésie française où un programme volontariste de développement a également encouragé l'utilisation de l'énergie solaire dans de nombreux foyers des archipels du territoire.

Des réfrigérateurs et congélateurs ménagers fonctionnant à l'énergie solaire sont vendus dans le commerce; il s'agit soit d'appareils de marque modifiés, soit de meubles fabriqués localement, très fortement isolés et équipés de groupes frigorifiques 12 ou 24 volts en courant continu. Dans les deux cas, il est possible de choisir entre des modèles alimentés "au fil du soleil" (par des panneaux de cellules photovoltaïques), c'est à dire que le processus de refroidissement n'intervient que pendant les heures où l'ensoleillement est suffisant, et des appareils alimentés en continu par une batterie d'accumulateurs rechargés par des panneaux photovoltaïques.

On trouve également en Polynésie française une chambre expérimentale de refroidissement à énergie solaire conçue pour la conservation du poisson. Il s'agit essentiellement d'une grande cuve à saumure refroidie par un système frigorifique solaire dans laquelle on place le poisson frais pour le réfrigérer. Ce système est destiné à remplacer le stockage en glacière ou chambre réfrigérée utilisé habituellement pour la commercialisation du poisson, étant donné que le produit sera vendu quelques jours plus tard. Il utilise les propriétés eutectiques de la saumure qui sert de "puits à froid" où le froid peut être lentement accumulé et emmagasiné. Ainsi, l'effet frigorifique peut être obtenu avec une faible dépense énergétique sur une période de temps relativement longue (au lieu du refroidissement rapide traditionnel, gros consommateur d'énergie) et est donc parfaitement adapté à l'énergie solaire ou aux autres formes d'énergie naturelle d'intensité variable.

L'amélioration du rendement et de la durabilité des panneaux photovoltaïques et la baisse continue de leur coût par suite de la production en série et de la mise au point de matériaux moins onéreux rendent les systèmes solaires de plus en plus compétitifs sur le plan économique par rapport aux installations utilisant l'électricité produite de façon traditionnelle. Dans de nombreux endroits éloignés où les combustibles fossiles sont extrêmement coûteux, où l'entretien des groupes électrogènes est un problème permanent et où le coût initial de raccordement de toutes les maisons au réseau électrique est élevé, les installations solaires pour usage domestique se généralisent de plus en plus. Il est vraisemblable qu'au cours des prochaines années l'utilisation de l'énergie solaire à des fins domestiques connaîtra une croissance considérable dans le Pacifique, tout comme il est vraisemblable que se généraliseront en parallèle les petits systèmes frigorifiques solaires qui seront utilisés dans le secteur de la pêche commerciale de la région.

7. CRITERES DE CHOIX DU MATERIEL

7.1 Généralités

Lorsque l'on prévoit d'installer du matériel frigorifique dans le secteur des pêches, il faut tenir compte des considérations exposées ci-après qui, tout en reprenant les principes de base de conception d'une installation frigorifique, s'appuient sur les défauts ou problèmes observés sur les équipements en service.

7.2 Qualités de la glace

Alors que l'on avait jadis imaginé que les progrès et la généralisation des technologies de production mécanique de froid entraîneraient la disparition de l'utilisation de la glace, notamment dans les pays développés, c'est en fait le contraire qui s'est produit. Grâce aux progrès réalisés dans le domaine de la production mécanique de froid, la glace est devenue bien plus accessible et ses domaines d'application se sont multipliés. Elle possède en effet plusieurs qualités intéressantes qui expliquent ce phénomène :

- i) Elle est produite à partir d'une matière première, l'eau, bon marché et généralement disponible partout, qui constitue donc le moyen le plus économique et le plus pratique pour stocker et transporter le froid.
- ii) Elle est propre, non toxique, chimiquement stable et peut donc être mise directement en contact avec le produit.
- iii) Elle a des propriétés thermostatiques et hydrostatiques qui maintiennent la température à 0°C ainsi qu'une forte humidité relative.
- iv) Elle a une chaleur latente de fusion élevée et, par conséquent, un frigorigène efficace qui absorbe une quantité de chaleur relativement grande pour une fusion limitée.
- v) Elle permet d'éviter les frais d'investissement et d'entretien qu'impose une installation de production mécanique de froid.

Ces caractéristiques donnent à l'utilisation de la glace de nombreux avantages lorsque le produit doit être seulement refroidi et non congelé, et il est vraisemblable que les petits utilisateurs continueront à préférer la glace aux systèmes mécaniques. Dans l'ensemble, les pays insulaires du Pacifique constateront une augmentation de la demande de glace dans le secteur des pêches, en particulier là où les gouvernements encouragent l'utilisation de la glace. Pour choisir le système de production de glace le mieux adapté à une situation donnée, il faut examiner les paramètres suivants relatifs à la qualité de la glace :

- i) La glace peut être sèche ou fondante. On appelle glace fondante la glace dont la température est égale ou légèrement inférieure à 0°C et dont la lente fusion de surface la maintient dans cet état. La glace est dite sèche lorsqu'elle a été sous-refroidie à plusieurs degrés sous 0, empêchant ainsi la fusion de surface.

C'est là une caractéristique importante si l'on veut conserver la glace un certain temps car la glace fondante aura une tendance beaucoup plus grande à s'agglomérer et à se souder, ce qui la rend difficile à répartir uniformément sur le produit à refroidir.

- ii) Taille des morceaux. On a généralement besoin de glace en petits morceaux qui ont un rapport surface/volume élevé et, par conséquent, assurent un meilleur contact avec le produit et un transfert thermique plus rapide. Il peut sembler intéressant de produire la glace dans la forme sous laquelle elle sera utilisée, mais ce n'est pas toujours le cas, notamment lorsque la glace doit être stockée un certain temps avant d'être utilisée. Les pains prennent moins de place et, ayant un rapport surface/volume plus faible, ils fondent plus lentement que la glace en morceaux dans les mêmes conditions.
- iii) La glace peut être opaque ou transparente. La glace est rendue opaque par la présence de sels et autres solides qui précipitent pendant la congélation. Cet élément n'est pas déterminant mais, dans certains endroits, l'expérience a montré que les consommateurs considèrent la glace opaque comme sale ou polluée et préfèrent la glace transparente. Il n'est généralement pas possible d'utiliser la glace opaque dans le secteur de la restauration et, suivant le stade de développement atteint par le marché, on préfère généralement utiliser la glace transparente dans les vitrines et comptoirs frigorifiques du commerce.

En plus des caractéristiques du générateur de glace, les propriétés et usages auxquels on destine la glace jouent donc un rôle important dans le choix du meilleur système de production de glace.

7.3 Générateurs de glace

Les types de machines à glace actuellement en service dans les pays insulaires du Pacifique sont les suivants : pour pains, à tambour, à tubes, à plaques, et, parfois, pour cubes, ayant les caractéristiques ci-après :

- i) Générateurs de pains de glace. On trouve des machines ayant des capacités journalières de production allant de moins d'une tonne à quelques centaines de tonnes. Les grandes installations peuvent être semi-automatiques et assurer une production continue et discontinue. Cependant, nous nous intéressons ici aux petites machines qui sont toujours manuelles et fournissent une production discontinue, habituellement sur un cycle de douze heures. A pleine capacité de production, une collecte par jour au moins devra se faire à une heure peu pratique, notamment si la production se poursuit le week-end. Les pains qui pèsent généralement entre 12 et 25 kg sont pratiques à stocker, à transporter et à vendre car ils n'ont pas besoin d'être mis dans des sacs comme la glace divisée. La glace est généralement opaque, mais elle peut être transparente si on procède à une agitation dans les mouleaux. Enfin, elle peut être fondante, sèche ou sous-refroidie.

- ii) Générateurs de glace à tambour. Ils sont plus complexes sur le plan mécanique que les générateurs de glace en pain, mais le système de refroidissement proprement dit est le plus simple de tous ceux utilisés dans les générateurs de glace-écaïlle, car la collecte de glace se fait par raclage et non par dégivrage. La glace est opaque et généralement sèche et sous-refroidie.
- iii) Générateurs de glace en plaques et en tubes. Dans ces machines, la collecte de glace s'effectue après dégivrage par un gaz chaud, ce qui implique le refoulement du frigorigène chaud dans le système. Le système frigorifique est donc plus complexe que dans les types précédents et la partie mécanique comporte normalement un racleur rotatif. La glace est transparente et fondante.
- iv) Fabrique de cubes de glace. Ces machines sont très peu utilisées dans le domaine des pêches, mais on envisage d'en mettre en service dans certains endroits où l'on prévoit que la demande sera très faible. En effet, il existe des machines dont la production est de l'ordre de 100 kg par jour; leur rendement est relativement faible en raison de leur petite taille et elles s'apparentent plus au matériel domestique qu'au matériel commercial. La glace est transparente et sèche.

Pour la majorité des applications ayant un rapport avec la pêche, il est préférable d'utiliser de la glace sèche sous-refroidie, qu'elle soit opaque ou transparente; au moment de l'utilisation, il devra s'agir de glace divisée, mais elle ne devra pas nécessairement être produite sous cette forme.

Nous avons noté au cours de notre enquête que les besoins de glace sont très variables dans la plupart des endroits où nous nous sommes rendus, en fonction des variations des conditions climatiques qui affectent la fréquence des opérations de pêche, des variations saisonnières de l'activité de pêche et des besoins d'argent des populations locales pour des fêtes ou autres événements sociaux qui se répercutent en général sur l'activité de pêche. Nombreuses étaient les installations ayant une capacité théorique de production de glace suffisante pour couvrir les besoins estimés mais qui ne pouvaient faire face aux pointes en raison de l'insuffisance des capacités de stockage. En gros, celles-ci devraient correspondre à la production de glace d'au moins une semaine.

Le stockage proprement dit s'effectue généralement dans une caisse ou un meuble qui, dans le Pacifique, sont rarement réfrigérés. Les générateurs de glace en paillettes sont placés sur le dessus de la caisse et la glace tombe simplement dedans et on la répartit uniformément de temps à autre à la pelle. Certaines machines sont équipées de rateaux automatiques mais aucun de ces systèmes ne fonctionne parfaitement et leur emploi n'est pas recommandé dans la région. Dans le cas des générateurs de glace en pain, les blocs sont chargés manuellement dans l'enceinte de stockage dans laquelle ils sont empilés ou mis sur des étagères. Au stade de la vente, les pains sont de poids standard et sont relativement faciles à manipuler, tandis que la glace en paillettes doit être mise à la pelle dans des sacs qui sont pesés ensuite. Dans la plupart des endroits où nous nous sommes rendus, c'est le client (le pêcheur) et non le vendeur qui effectue cette opération.

Enfin, bien que les enceintes de stockage de glace soient généralement isolées mais non réfrigérées, la réfrigération présente cependant un intérêt si le stockage risque d'être long ou si la glace n'est pas très sèche. En plus d'empêcher la fusion progressive qui se produira dans une enceinte non refroidie, la réfrigération assure le sous-refroidissement et, par conséquent, réduira ultérieurement les problèmes que pose la manutention de glace fondante en paillettes.

7:4 Température de stockage

A l'exception des générateurs de glace dont nous venons de parler et des présentoirs frigorifiques qui jouent un rôle relativement mineur, tout le matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches de la région est utilisé pour la conservation au froid de la glace ou des produits de la mer (ou des deux) refroidis ou congelés, pour des durées plus ou moins longues. L'entreposage de longue durée exigeant des températures plus basses si l'on veut préserver la qualité du produit, la durée de stockage ou la rotation envisagée aura une incidence sur la température de service du système choisi.

Dans presque tous les cas, la congélation du poisson est plus onéreuse que son glaçage ou sa réfrigération à cause de l'apport d'énergie nécessaire. En outre, sur la plupart des marchés, le poisson congelé est considéré comme inférieur au poisson frais de la même espèce ou du même type et se vend donc moins cher (dans certains endroits du Pacifique, cette préférence pour le poisson frais est si nette que le consommateur achètera du poisson "frais" qui manifestement ne l'est plus, plutôt que du poisson congelé). Par conséquent, congeler d'office le poisson non seulement augmente notablement le coût de la manutention mais encore réduit la valeur marchande du produit. Il est à peu près sûr que la non rentabilité de certaines installations frigorifiques dans les îles du Pacifique est principalement due au fait que l'on a choisi la congélation pour conserver le produit de la pêche alors que la réfrigération ou le glaçage auraient été mieux adaptés.

Nous donnons ci-dessous la durée approximative de conservation du poisson frais vidé (les viscères et branchies sont la cause principale de dégradation bactérienne), mis dans la glace juste après la prise et ayant été correctement manutentionné, et porté à la température de conservation en quelques heures.

Tableau 4 : Durée de conservation du poisson en fonction de la température

Température de stockage	Durée normale (en jours)
0°C	10 - 20
-5°C	15 - 35
-10°C	30 - 75
-15°C	75 - 160
-20°C	160 - 320
-25°C	320 - 640
-30°C	640 - 1280

Dans ces fourchettes, le chiffre inférieur s'applique aux espèces les plus grasses (sardines, maquereaux, thons, etc.) et le chiffre supérieur aux espèces à chair blanche. Il est important de noter que ces durées peuvent être considérablement réduites si le poisson a été mal traité et exposé à des températures élevées juste après sa remontée. Chaque heure passée sur le pont d'un navire au soleil réduit d'un jour ou deux la durée de conservation à 0°C, réduction proportionnellement plus grande pour les températures inférieures.

Ainsi, comme on peut le voir d'après ces chiffres, lorsque le produit est débarqué en bon état et vendu dans un délai d'une à deux semaines, le stockage réfrigéré ou dans la glace à une température voisine de 0°C est suffisant et la congélation ne s'impose pas. Dans ce cas, il convient de noter que les refroidisseurs ont tendance à déshydrater le produit. Aussi est-il normalement nécessaire d'ajouter un peu de glace afin de maintenir un taux d'humidité élevé à proximité du produit, même si la glace n'est pas la source principale de refroidissement.

Si l'entreposage doit durer plus de deux à trois semaines, ou si le produit débarqué n'est pas de la meilleure qualité, la congélation sera alors nécessaire mais, dans ce dernier cas, il faut soigneusement sélectionner le poisson qui sera destiné à la congélation. En effet, la congélation n'améliore pas la qualité du produit (et une congélation réalisée dans de mauvaises conditions entraîne même une baisse de qualité) et un poisson qui, à l'état frais, n'est pas acceptable ou est en mauvaise état sera dans un moins bon état après congélation.

Si la congélation est absolument nécessaire, elle doit être effectuée rapidement pour les raisons exposées ci-dessus. Les congélateurs à air soufflé sont les appareils les plus souples d'utilisation, mais on peut également utiliser des congélateurs à saumure. Les congélateurs à plaques ou par contact ne sont généralement pas adaptés aux conditions régnant dans les îles du Pacifique. Pour les raisons exposées précédemment, lorsque le stockage est prévu de longue durée, la température recommandée doit être comprise entre -15°C et -30°C. Dans ses manuels techniques, la National Association of Food Processors de Grande-Bretagne recommande que la température de stockage soit de -29°C si le poisson congelé doit être conservé plus de trois semaines.

7.5 Capacité de stockage

Avant d'aborder cette question, il est important de noter que l'expression "capacité de stockage" n'a pas une définition très précise lorsqu'on l'applique au matériel frigorifique; elle désigne parfois le volume intérieur de l'enceinte, parfois le volume théorique que le produit peut occuper à l'intérieur de l'enceinte et parfois le poids de produit que l'enceinte peut recevoir si le chargement et la répartition du produit sur les étagères ont été faits correctement. Dans ce dernier cas, le poids en tonnes peut être calculé sur la base 1 t = 1 m³ en volume, formule utilisée pour le fret maritime. Le poids indiqué peut également avoir été calculé d'une façon plus proche de la réalité sur la base d'unités emballées de 500 kg ou moins par m³ d'espace utile, ou de 300 kg ou moins par m³ d'espace total. Par conséquent, il est important que les acheteurs de matériels frigorifiques disposent de données précises sur l'espace de stockage. Par ailleurs, il convient de noter que, dans les

petites installations, il est difficile d'utiliser plus de 30% de l'espace disponible. On atteint rarement 60% dans les chambres froides industrielles géantes avec contrôle informatisé des stocks et équipement automatique de chargement et de déchargement.

Cela dit, la caractéristique commune à toutes les installations frigorifiques, presque sans exception, que nous avons visitées au cours de notre enquête est qu'elles fonctionnent en-dessous de leur capacité nominale. Des congélateurs à air soufflé prévus pour congeler des lots de trois à quatre tonnes de poisson sont en fait utilisés une ou deux fois par semaine, tandis que des chambres froides négatives de vingt tonnes sont utilisées pour stocker deux tonnes de poisson. Dans ces conditions, il n'est pas étonnant que ces installations ne soient pas rentables, sauf si l'on répercute sur le consommateur le coût élevé du stockage, ce qui n'est pas souhaitable et est généralement impossible sans réduire considérablement les débouchés.

De nombreux marchés aux poissons ou centres de distribution ont été conçus sur la base d'une augmentation de la production prévue à la suite des efforts de développement des activités de pêche. Dans la plupart des cas, pour une raison ou pour une autre, cette augmentation du volume des prises ne s'est pas produite et, dans d'autres cas, elle n'est intervenue que de façon saisonnière. Bien qu'il soit toujours bon de faire des plans à long terme, certaines prévisions d'augmentation de la production ont été manifestement trop optimistes et ont débouché sur la création d'installations frigorifiques nettement supérieures aux besoins actuels et dont les coûts d'exploitation ne baissent malheureusement pas proportionnellement à la diminution de la production.

Aussi la recommandation peut-être la plus importante que nous pouvons faire aux planificateurs de futures installations frigorifiques est-elle de faire preuve de réalisme quant aux prévisions de prises et, si possible, de fractionner et de normaliser les équipements. Si l'on prévoit que le volume de stockage nécessaire sera de cinquante tonnes, il est préférable de créer dix unités identiques de cinq tonnes. De même, si les besoins prévus de congélation par air soufflé sont de deux tonnes par jour, il faudrait mettre en place deux congélateurs identiques d'une tonne chacun ou même de capacité plus faible. Ainsi, certaines installations peuvent être mises hors service lorsque la production ou les stocks sont insuffisants. Il est également très intéressant, sur le plan de la sécurité, de disposer de plusieurs unités; en cas de panne de l'une d'entre elles, on ne perd qu'une faible partie de la capacité totale. Au cas où, comme nous l'avons fréquemment observé, plusieurs appareils sont en panne simultanément, il peut être possible d'en réparer un en utilisant les pièces d'un autre. On minimise également ainsi les coûts de stockage des pièces de rechange nécessaires.

D'après l'expérience de plusieurs pays insulaires du Pacifique, on ne soulignera jamais assez l'importance du fractionnement et de la standardisation. La seule objection que l'on puisse opposer à cette conception est l'augmentation des dépenses d'investissement qui résulte de l'achat de matériels supplémentaires; nous traitons de cet aspect au point 7.8.

7.6 Calcul de la charge calorifique

En plus de connaître la température de service et la capacité de stockage que devra avoir l'installation frigorifique, les planificateurs doivent savoir quelle quantité de froid sera nécessaire pour compenser l'apport de chaleur et, par conséquent, sélectionner l'installation ayant la puissance frigorifique voulue. Nous allons dans cette section présenter les principales sources de chaleur et les moyens de les quantifier, mais les chiffres que nous citons ici ne sont donnés qu'à titre indicatif pour que les planificateurs, les agents des services des pêches et autres non spécialistes soient en mesure de comparer les différentes options qui s'offrent à eux au stade des études préparatoires à l'installation d'un système de production de froid. Les calculs devront dans tous les cas être refaits ultérieurement avec plus de précision par un frigoriste qualifié et toutes les hypothèses de travail devront être confrontées aux données mesurées en situation ou aux données obtenues de façon empirique par les fabricants.

Les principales sources d'apport de chaleur dans une enceinte réfrigérée sont les suivantes :

- i) Charge calorifique du produit
- ii) Pénétration par l'isolant y compris, le cas échéant, l'entrée de chaleur par isolation directe
- iii) Infiltration d'air de l'extérieur
- iv) Eclairage
- v) Chaleur dégagée par le personnel travaillant à l'intérieur de l'enceinte
- vi) Chaleur produite par les ventilateurs
- vii) Chaleur dégagée par les refroidisseurs en cours de dégivrage.

Dans les installations où sont stockés des produits végétaux, de la chaleur est également apportée par la respiration de ces végétaux; enfin, les chariots élévateurs à fourche et autres appareils utilisés dans les grands entrepôts constituent également une source de chaleur. Nous ne traiterons pas ici de ces deux types de sources.

i) La charge calorifique du produit dépend de sa température et de son état, déjà congelé ou non. La chaleur massique du poisson, c'est à dire la quantité de chaleur qu'il dégagera au cours de son refroidissement, est comprise entre 3 et 3,8 kJ/kg/°C, les poissons gras ayant une chaleur massique plus faible. La chaleur latente extraite pendant la congélation est normalement de 98,5 kJ/kg, bien que cette valeur soit également variable en fonction du type de poisson. Comme on l'a vu précédemment, le poisson ne se congèle pas complètement, mais progressivement, avec l'abaissement de la température. Toutefois, pour simplifier les calculs, nous considérerons que toute la chaleur latente de congélation a été extraite à la température recommandée pour le stockage de produits congelés, soit entre -15°C et -30°C.

Il est relativement simple de calculer la charge calorifique du produit, celle-ci étant simplement la différence entre la température d'origine du produit et sa température en fin de refroidissement, soit la température de stockage, multipliée par sa chaleur massique. Si la température de stockage est inférieure à -3°C , il faut également ajouter la valeur de la chaleur latente. Ainsi, si l'installation doit porter à 0°C une tonne de poisson à 25°C , la chaleur à extraire est :

Différence de température ($^{\circ}\text{C}$) x chaleur massique ($\text{kJ/kg/}^{\circ}\text{C}$) x poids (kg)

$$\text{soit : } 25 \times 4 \times 1000 = 100\,000 \text{ kJ}$$

Lorsqu'on fait ce genre de calcul, il est toujours préférable de prendre une marge de sécurité. Ainsi, nous avons ici utilisé une valeur de chaleur massique pour le poisson en question de $4\text{kJ/kg/}^{\circ}\text{C}$ au lieu de la valeur plus précise comprise entre 3 et $3,8\text{ kJ/kg/}^{\circ}\text{C}$.

Maintenant, si l'installation devait congeler la même quantité de poisson à -20°C , la chaleur à extraire serait :

(Différence de température ($^{\circ}\text{C}$) x chaleur massique ($\text{kJ/kg/}^{\circ}\text{C}$) + chaleur latente (kJ/kg) x poids (kg)

$$\text{soit : } (\sqrt{45} \times \sqrt{47} + 200) \times 1000 = 380\,000 \text{ kJ}$$

Là encore, pour avoir une marge de sécurité, nous avons arrondi à 200 kJ/kg la chaleur latente de $198,5\text{ kJ/kg}$. Il est à noter que, dans cet exemple, la chaleur à extraire est près de quatre fois supérieure à celle du premier exemple, et ce bien que la différence de température soit moins du double. Plus de la moitié des $380\,000\text{ kJ}$ à extraire provient de la chaleur latente dégagée pendant la congélation.

ii) En plus de la chaleur à extraire du produit, la majeure partie de l'apport de chaleur dans une enceinte réfrigérée passe généralement par l'isolation. La chaleur fournie aux surfaces externes des parois isolées de l'enceinte est transmise aux surfaces internes à un débit de fraction des propriétés thermiques et de l'épaisseur de la paroi. Les notions de transmission de chaleur en régime établi et de conductivité thermique (K) ont été exposées au point 3.4. Cependant, la notion de valeur K ne s'applique qu'à des matériaux homogènes. Les parois isolantes sont nécessairement composées d'un certain nombre de matériaux ayant des conductivités thermiques différentes, aussi est-il indispensable d'en tenir compte en calculant la conductivité thermique composée que l'on désigne sous la lettre U. Elle correspond à l'inverse de la résistance thermique des parois (R) qui est la somme des épaisseurs de tous les matériaux utilisés divisée par leurs valeurs K. Par exemple, dans un panneau isolant composé à l'extérieur d'une feuille d'aluminium de 1 mm d'épaisseur, à l'intérieur d'une feuille de plastique de 2 mm et, au milieu, de polystyrène expansé de 8 cm , la résistivité de la paroi sera de :

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{\text{épaisseur de l'aluminium (m)}}{\text{valeur K (aluminium)}} + \frac{\text{épaisseur du polystyrène (m)}}{\text{valeur K (polystyrène)}} + \frac{\text{épaisseur du plastique (m)}}{\text{valeur K (plastique)}} \\
 &= \frac{0,001}{100} + \frac{0,08}{0,025} + \frac{0,002}{1,1} = 0,00001 + 3,2 + 0,0018 \\
 &= 3\,202 \text{ W/m}^2/\text{°C}
 \end{aligned}$$

Comme on pouvait le prévoir, dans ce cas la mousse de polystyrène est la principale source de résistivité thermique des parois et la valeur R des parois composées est effectivement la même que la valeur K du polystyrène. Cependant, dans certains cas, les parois sont revêtues de bois ou autres matériaux protecteurs qui peuvent contribuer notablement à l'isolation. La valeur U est l'inverse de R, donc $U = 1/3,202 = 0,312 \text{ J/m}^2/\text{s}/\text{°C}$, soit $1,12 \text{ kJ/m}^2/\text{h}/\text{°C}$.

Dans une chambre froide de $4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$, la surface combinée des parois et du plafond est de $5 \times 4 \times 4 = 80 \text{ m}^2$. De la chaleur pénétrera également par le plancher mais dans une bien moindre mesure et nous la négligerons pour l'instant. Si la chambre froide doit fonctionner à -20°C et que la température ambiante est de 25°C , l'apport de chaleur par les parois et le plafond peut être calculé en utilisant la valeur U de la même façon que la valeur K :

$$\begin{aligned}
 \text{Apport de chaleur} &= U \times \text{surface} \times \text{différence de température} \\
 &= 1,12 \times 80 \times 45 = 4\,032 \text{ kJ/h} \\
 &\text{ou } 96\,768 \text{ kJ/jour}
 \end{aligned}$$

C'est la même quantité d'énergie qu'il faut pour congeler 250 kg de poisson de 25°C à -20°C . Si l'apport de chaleur par le plancher est ajouté dans ce calcul, l'entrée totale de chaleur sera d'au moins $100\,000 \text{ kJ/jour}$ environ.

Dans cet exemple, si l'on utilise une couche isolante deux fois plus épaisse, soit 16 cm , la valeur U passe à $0,156 \text{ J/m}^2/\text{s}/\text{°C}$ ou $0,56 \text{ kJ/m}^2/\text{h}/\text{°C}$, et l'apport de chaleur est de $48\,390 \text{ kJ/jour}$, soit environ deux fois moins que les $96\,768 \text{ kJ/jour}$ que nous avons calculés précédemment. Le plancher n'étant pas affecté par cette augmentation d'épaisseur, le gain de chaleur par cette paroi est toujours d'environ $3\,200 \text{ kJ/jour}$, ce qui donne un apport total de chaleur d'environ $51\,600 \text{ kJ/jour}$.

iii) Normalement, l'infiltration d'air de l'extérieur est une source secondaire d'apport de chaleur dans une installation frigorifique, mais elle est certainement la source principale dans de nombreuses installations en service dans les îles du Pacifique à cause de l'insouciance du personnel qui laisse les portes ouvertes pendant longtemps ou à cause de l'ouverture fréquente des portes pour charger ou décharger de faibles quantités de produit. Chaque fois qu'une porte est ouverte, de l'air froid s'échappe et est remplacé par de l'air chaud de l'extérieur. La quantité de chaleur qui pénètre dans l'enceinte est fonction de la dimension de la porte, du temps pendant lequel cette porte reste ouverte, du volume de l'enceinte de la différence entre la température extérieure et la température intérieure et de l'humidité ambiante relative. Ce dernier facteur est particulièrement important dans les climats tropicaux humides car la majeure partie de la vapeur d'eau contenue dans l'air humide introduit dans l'enceinte finira par se condenser sur le serpentin évaporateur, sur le produit, sur les parois ou ailleurs, dégageant ainsi sa chaleur latente de fusion.

Il est pratiquement impossible de calculer avec précision l'apport de chaleur dû à l'infiltration d'air car il est difficile d'évaluer ou de mesurer la quantité d'air renouvelé. Les ingénieurs frigoristes estiment souvent entre deux et huit le nombre quotidien de renouvellements d'air pour les grandes chambres froides et jusqu'à vingt pour les petites enceintes telles que celles en service dans la région. Cependant, d'après nos observations au cours de cette enquête, il nous semble qu'un chiffre de l'ordre de 100 à 200 renouvellements d'air par jour, et quelquefois plus, est plus proche de la réalité en raison des dimensions généralement faibles des installations en service dans la région. En gros, l'on peut estimer que l'air tropical humide introduit dans une chambre froide dégage environ 150 à 250 kJ/m³, la quantité exacte de chaleur dépendant de l'humidité, de la température ambiante et de la température à l'intérieur de l'enceinte. Dans une chambre de 4 m x 4 m x 4 m, fonctionnant à -20°C, dix renouvellements d'air correspondent donc à un apport de chaleur de 12 800 kJ (4 x 4 x 4 x 200 kJ) et 100 renouvellements d'air correspondent à 128 000 kJ. Le premier chiffre est légèrement inférieur à la perte calorifique par les parois déterminée par le calcul ci-dessus, le second chiffre étant nettement supérieur.

iv) La puissance des lampes est généralement comprise entre 50 et 200 W (180 à 720 kJ/h), et il peut y en avoir plusieurs dans une chambre. L'énergie électrique totale nécessaire pour l'éclairage est effectivement transformée en chaleur et doit donc être ajoutée à la charge calorifique de l'installation.

v) La chaleur dégagée par le personnel travaillant à l'intérieur du bâtiment est variable, mais l'on estime généralement qu'elle correspond à 250-350 W, soit environ 900 à 1 300 kJ par homme et par heure.

vi) Inévitablement, pendant le processus normal de refroidissement dans les chambres froides négatives, la vapeur d'eau se condense sur les surfaces de l'évaporateur et, si on ne l'enlève pas, elle entraîne une baisse de la puissance frigorifique par suite du recouvrement de la surface de l'évaporateur et de la réduction du débit d'air. Le dégivrage se fait généralement par voie électrique ou par passage d'un gaz chaud et, dans les pays insulaires du Pacifique, il doit normalement être fait au moins une fois par jour. Une certaine quantité de chaleur est donc introduite dans l'enceinte et, comme tous les autres apports de chaleur, doit être à nouveau extraite par l'installation.

Lorsque l'on fait la somme de tous les apports de chaleur, il faut noter que seules les pertes par les parois, la charge calorifique due au produit et la chaleur provoquée par le ventilateur de refroidissement et par le système de dégivrage interviennent en permanence ou de façon intermittente 24 heures sur 24. L'apport calorifique dû à l'infiltration d'air, à l'éclairage, au personnel et au chargement de nouveaux produits n'intervient que pendant les heures de travail.

7.7 Puissance frigorifique nécessaire

La puissance frigorifique d'une installation est son pouvoir d'extraction de chaleur et elle est exprimée dans les notices techniques des fabricants en kJ par heure.

Pour calculer la puissance frigorifique qui sera nécessaire, il faut tout d'abord estimer la charge calorifique suivant les règles exposées au paragraphe 7.6, de préférence en prévoyant des marges de sécurité pour tenir compte des performances des matériaux inférieures aux spécifications et du "facteur humain". Le fabricant du matériel devrait être en mesure de donner des informations sur l'apport thermique dû au ventilateur et au système de dégivrage.

Comme on l'a vu précédemment, une partie seulement de l'apport calorifique prévu intervient pendant le cycle de 24 heures, le reste n'intervenant que pendant les heures de travail. Si l'on utilise un système d'une puissance suffisante pour maintenir les températures de service voulues pendant les heures de travail, il sera nettement trop puissant en dehors de ces heures. Aussi les fabricants et les ingénieurs frigoristes ont-ils l'habitude d'accepter une légère élévation de température dans l'enceinte pendant les heures de travail à condition que la température normale de service soit atteinte en dehors de ces heures. Dans la pratique, on fait donc la moyenne de toutes les charges thermiques sur une période de 24 heures.

Il n'est pas souhaitable de faire fonctionner les installations frigorifiques en continu, c'est à dire 24 heures sur 24 et sept jours sur sept, car on n'a dans ce cas aucune marge de sécurité en cas de température ambiante excessive, de chargement de produit en quantité supérieure à la capacité prévue, de dégivrage, etc. La pratique habituelle est donc d'installer un système ayant une puissance frigorifique suffisante pour assurer en 18 ou 20 heures le refroidissement de la charge de 24 heures. Normalement, le fonctionnement est quasiment continu pendant les heures de travail lorsque les charges thermiques sont maximales, et pendant deux à quatre heures au-delà. Ensuite, à mesure que la quantité de chaleur extraite est supérieure à l'apport de chaleur, l'installation commence à fonctionner de manière discontinue sous l'action des systèmes automatiques de réglage de la température.

7.8 Coûts d'investissement et de fonctionnement

Une très grande partie du matériel frigorifique observé pendant notre enquête ou signalé dans les questionnaires a été fournie dans le cadre d'aide bilatérale ou multilatérale en faveur de projets de développement des pêches. Dans quelques cas, le matériel avait été acheté par les gouvernements concernés, soit avec les crédits étrangers mis à leur disposition, soit sur leurs fonds propres. Ce n'est que dans ce dernier cas que nous avons pu disposer d'informations détaillées sur le coût des investissements et les coûts annexes, comme l'aménagement du site et la construction de l'installation. Ces coûts sont extrêmement variables en raison des fluctuations des taux de change, des frais d'expédition et des différences de prix d'un fabricant à l'autre.

A de très rares exceptions près, les coûts de fonctionnement des installations frigorifiques en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique sont très mal connus et il est difficile d'obtenir des informations sur ces coûts car la consommation propre aux installations frigorifiques n'est pas mesurée, car le personnel ne peut pas être affecté à plein temps au service de ces installations et car l'on ne dispose pas des chiffres précis d'achats et de ventes (y compris ceux des pertes dues à la dégradation des produits ou pour toute autre raison). Dans certains cas, l'installation fonctionne dans le cadre d'un service plus vaste, où l'on ne dispose pas de données spécifiques. Dans d'autres cas, les pertes sont en réalité compensées par les subventions publiques au développement des pêches, sans faire l'objet d'un relevé détaillé qui permettrait d'en trouver l'origine et de les réduire.

Pour ces raisons, nous ne sommes pas en mesure de chiffrer, même grossièrement, les coûts d'investissement et de fonctionnement du matériel frigorifique utilisé dans les services des pêches de la région. La diversité du matériel en service, le peu de données disponibles et les différences existant d'une situation à une autre rendent cet exercice impossible. Dans certains cas, un examen minutieux des pièces comptables existantes aurait certainement permis une analyse économique relativement fiable de l'installation en question, mais ce genre d'analyse n'entre pas dans le mandat qui a été confié et n'aurait pu être mené à bien dans le temps qui nous était imparti.

Il nous est néanmoins possible d'énoncer quelques principes généraux relatifs à la démarche économique qu'il convient de suivre au stade de la mise en oeuvre d'installations frigorifiques dans le secteur des pêches. La situation classique est que les dépenses d'investissement sont couvertes par des aides ou par une subvention gouvernementale dont le remboursement n'est pas prévu. En revanche, les frais de fonctionnement incombent au pays ou à l'organisme concerné. Même dans les rares cas où les dépenses de fonctionnement sont couvertes en partie ou en totalité pour la période de démarrage par la source ayant pris à sa charge les investissements, ces frais de fonctionnement incomberont finalement à l'institution responsable de la gestion de l'installation. Au fil du temps, ils seront de plus en plus lourds par suite de l'usure du matériel qui entraîne un surcroît de maintenance et une baisse de rendement. Il convient donc dans la plupart des cas de réduire le plus possible les coûts prévisibles de fonctionnement, quitte à augmenter sensiblement les dépenses initiales d'équipement. Il est évident que l'on accroît les chances de rentabilité d'une installation, si tel est le but recherché, en maintenant les frais de fonctionnement au minimum et que l'on allège les charges financières des institutions donatrices lorsque ces frais sont couverts par des subventions.

Les coûts de fonctionnement se composent de frais fixes et de frais variables imputables aux postes suivants :

- i) Electricité
- ii) Main d'oeuvre (opérateurs, réparateurs ou techniciens chargés de l'entretien)
- iii) Pièces détachées
- iv) Divers (location, frais de gestion, etc.)

Les postes i), ii) et iii) correspondent aux principaux frais variables qui peuvent être en partie compensés par une augmentation des investissements.

i) Le coût de l'électricité varie considérablement d'un pays à l'autre comme on peut le voir d'après le tableau ci-dessous :

Tableau 5 : Coût de l'électricité dans certains pays insulaires du Pacifique

Pays	Taux de change appro. nov. 84 1 dol. E.-U. =	Consommation ou tarif	Coût du kWh	
			Monnaie locale	Equivalent en dollars E.-U.
E.F.M. (Ponape)	1 dol. E.-U.	0-1000 kWh	3 cents	3 cents
		1000-10000 kWh	8 cents	8 cents
		10 000 kWh +	23 cents	23 cents
Fidji	1,11 dol. F	Tarif commercial	15 cents	13,5 cents
Kiribati	1,17 dol. aust.	"	32 cents	27 cents
Nouvelle- Calédonie	175 fr CFP	0-30 kWh	36,2 fr CFP	21 cents
		30-60 kWh	25,3 fr CFP	14 cents
		60-90 kWh	19,9 fr CFP	11 cents
		90 kWh	14,5 fr CFP	8 cents
Iles Salomon	1,27 dol. I.S.	Tarif commercial	23,5 cents	18,5 cents
Tonga (Tongatapu)	1,15 dol. T.	0-525 kWh	19 cents	16,5 cents
		525 kWh +	17,8 cents	15,2 cents
Tuvalu	1,17 dol. aust.	0-100 kWh	30 cents	25,7 cents
		100 + kWh	38 cents	32,6 cents

Comme on peut le voir, le tarif commercial le plus faible est de 13,5 cents E.-U./kWh à Fidji, le tarif le plus élevé étant de 32,6 cents E.-U./kWh à Tuvalu. Des tarifs plus élevés encore nous ont été signalés à Vanuatu et dans d'autres pays, mais la complexité du système de tarification - des tarifs différents étant appliqués à la haute et à la basse tension, le jour et la nuit en fonction de la consommation - sort du cadre de cette simple étude.

Pour illustrer à quel point des modifications apportées au matériel se répercutent sur le poste "électricité", prenons l'exemple de la chambre froide de 4 m x 4 m x 4 m fonctionnant à -20°C dont nous avons parlé au point 7.6 ii). Nous avons vu qu'avec un isolant de 8 cm d'épaisseur, l'apport de chaleur par les parois et le plafond était de 100 000kJ/jour, et qu'on pouvait le ramener à 51 600 kJ/jour en utilisant une couche isolante de 16 cm d'épaisseur. Le kWh étant égal à 3 600 kJ, l'apport de chaleur dans le premier cas est équivalent à 27,8 unités électriques et à

14,2 dans le deuxième cas. Ceci correspond à un coût quotidien potentiel compris entre 3,75 et 9,06 dollars E.-U. dans le premier cas, et entre 1,93 et 4,66 dollars E.-U. dans le deuxième cas. Ainsi, en doublant l'épaisseur de l'isolant, on réalise des économies quotidiennes comprises entre 1,82 et 4,40 dollars E.-U., soit de 660 à 1606 dollars E.-U. par an. Il convient en outre de noter que ces chiffres s'appliquent à un seul congélateur de capacité relativement importante pour la région (64 m³, soit environ 20 tonnes); l'importance de la perte calorifique par les parois est proportionnellement plus grande pour les appareils plus petits.

Il est impossible de ne pas détériorer le matériau isolant, ce qui en réduit l'efficacité. Aussi convient-il de le protéger le plus possible en appliquant sur les parois intérieures et extérieures, ces dernières étant les plus exposées, un revêtement en bois ou tout autre revêtement protecteur.

Comme on l'a vu précédemment, il y a de nombreuses autres sources d'apport de chaleur extérieure. Dans de nombreux cas, l'ouverture trop fréquente des portes fait probablement pénétrer plus de chaleur qu'il n'en passe par les parois. Ce problème peut être en partie résolu par l'utilisation de rideaux d'air refroidi et d'écrans constitués de bandes de matière plastique. Lorsqu'il est fréquent que le personnel oublie de fermer les portes, nous recommandons d'installer un système d'alarme sonore.

Enfin, il est possible de réaliser des économies d'énergie en fractionnant le matériel, ce qui permet de mettre hors-service certaines machines lorsque les stocks ou la production sont faibles. Il faut installer le matériel à l'abri du soleil et disposer les condenseurs dans un endroit ventilé afin que la chaleur qu'ils dégagent ne soit pas renvoyée à l'enceinte frigorifique.

ii) Tout comme pour le poste "électricité", les coûts de main d'oeuvre varient fortement d'un pays à l'autre, aussi la place qu'ils occupent dans l'ensemble des coûts de fonctionnement est-elle variable. De même, dans de nombreux cas, les frais de main d'oeuvre sont fixes et ne constituent donc pas un poste sur lequel des économies peuvent être réalisées. Les principales économies que l'on puisse faire se situent au niveau du choix de matériels assurant une production discontinue comme les générateurs de glace en pain et les congélateurs. En effet, à pleine charge, ces appareils imposeront souvent du travail en équipe ou des heures supplémentaires. Aussi peut-il être préférable de choisir des générateurs de glace en palettes lorsque le niveau des salaires est élevé. De même, il peut être plus économique d'utiliser plusieurs congélateurs à air soufflé ou appareils du même type plutôt que de payer des heures supplémentaires ou des équipes de nuit.

Les coûts de la main d'oeuvre spécialisée dans l'entretien et les réparations sont également variables, notamment dans la mesure où ces tâches peuvent être accomplies soit par des techniciens du secteur privé, soit par du personnel en place. Certains contrats d'aide portant sur la fourniture d'installations frigorifiques prévoient également la mise à disposition pendant un an ou deux après la mise en service d'un technicien expatrié chargé de superviser le fonctionnement de l'installation et de former un technicien local. D'autres accords prévoient également la formation d'un technicien local à l'étranger au sein de l'entreprise fournissant l'installation, et ce juste avant sa mise en service. Ce genre de formation est

très intéressant car il permet de réduire les coûts d'intervention de techniciens du secteur privé ou de techniciens frigoristes d'autres secteurs, pour autant qu'ils existent sur place.

iii) Il faut toujours prévoir dans le cadre de l'investissement initial l'achat d'un stock important de pièces détachées, et notamment d'articles consommables comme le frigorigène, les déshydrateurs, les courroies de transmission, l'huile, etc., et les articles sujets à usure ou à détérioration comme les pales de ventilateurs, les joints d'étanchéité de compresseurs, les solénoïdes et les moteurs électriques. Les fabricants devraient être en mesure d'établir une liste exhaustive des pièces détachées nécessaires pour l'appareil considéré. Un autre avantage du fractionnement de l'installation frigorifique est qu'il est plus facile de gérer de façon rationnelle un stock important de pièces détachées lorsque plusieurs appareils identiques sont utilisés.

7.9 Autres facteurs à prendre en considération

i) Frigorigènes

Des quatre frigorigènes les plus couramment utilisés (ammoniac, R12, R22 et R502), l'ammoniac est le moins cher mais il est toxique et sa manipulation est délicate. Le R502 présente des avantages pour les applications spéciales, mais il est cher et peut être difficile à obtenir. Par conséquent, nous ne recommandons pas d'utiliser ces deux frigorigènes.

Le R22 est certainement le frigorigène le plus utilisé, mais en cas de températures ambiantes très élevées, des pressions et températures excessives peuvent se développer au niveau du compresseur et du condenseur. Le R12 est meilleur marché que le R22; on le trouve généralement facilement et il peut être utilisé dans les températures ambiantes les plus élevées. Cependant, son coefficient de performance est relativement faible et il nécessite des compresseurs et des moteurs de plus grande puissance que les autres frigorigènes.

ii) Installations de réserve et assurance

Une chambre froide peut contenir plusieurs tonnes de produit valant des milliers ou des millions de francs qui seront perdus en cas d'une panne majeure si les installations suffisantes de réserve n'existent pas. Le fait que la plupart des chambres froides atteignent leur puissance nominale en 18 à 20 heures donne une certaine sécurité. Si l'installation est fractionnée en plusieurs petites unités, le produit peut être transféré dans d'autres enceintes en cas de besoin.

Les Lloyds, et certainement d'autres compagnies d'assurance, assurent de nombreuses chambres froides et leur contenu, à condition que l'installation soit conçue et utilisée conformément à des règles strictes mises au point par cette compagnie dans lesquelles est notamment précisé la capacité de réserve obligatoire.

iii) Simplicité et standardisation

Les organes de commande, de régulation, etc. étant de plus en plus complexes, les acheteurs ont naturellement tendance à demander des dispositifs et équipements qui, bien qu'utiles, constituent des sources potentielles de défaillance s'ils ne sont pas convenablement réglés et entretenus par des techniciens compétents. De même, le fabricant a souvent tendance à ajouter des systèmes de commande qui apportent un plus à l'installation mais sont en fait trop complexes pour que l'utilisateur puisse en comprendre parfaitement le fonctionnement et en tirer le meilleur parti possible.

A tous les égards (coût initial, entretien et fiabilité), il est donc préférable pour toutes les personnes concernées que l'installation frigorifique soit aussi simple que possible et adaptée aux besoins réels de l'utilisateur et non à ce que le fabricant ou l'utilisateur lui-même imagine pouvoir être utile ultérieurement.

Dans les installations comportant plusieurs compresseurs, condenseurs et évaporateurs, les matériels de dimensions ou types différents devraient être du même type, les cylindres ayant la même course et le même alésage, les moteurs électriques devraient provenir du même fabricant, etc. Ainsi, l'utilisateur ou le mécanicien peuvent se familiariser facilement avec le matériel et le stock de pièces de rechange peut être limité au strict minimum.

iv) Sécurité

Les températures nettement inférieures à 0°C peuvent entraîner la mort relativement rapidement, notamment si les gens ne sont pas suffisamment vêtus. Les portes des chambres froides doivent être munies d'un système permettant leur ouverture de l'intérieur en toutes circonstances afin que personne ne puisse être accidentellement bloqué à l'intérieur.

v) Relevés d'exploitation

Dans la mesure du possible, chaque organe de l'installation doit être équipé d'un compteur d'électricité, même si cela entraîne des dépenses supplémentaires d'investissement. Il faut tenir un relevé précis de la consommation d'électricité et des stocks entreposés afin d'assurer une bonne rotation des stocks et d'évaluer le rapport performance-coût de l'installation. Ce n'est que de cette façon que l'on peut mesurer à long terme les résultats économiques réels d'activités sensées être rentables.

vi) Services d'entretien

Il est de la toute première importance de pouvoir compter sur des agents d'entretien et des réparateurs compétents. Les responsables de l'exploitation d'installations frigorifiques doivent prévoir le personnel qualifié pour assurer l'entretien du matériel et, en fonction des besoins et possibilités, organiser la formation de techniciens. Il est intéressant de signaler que certaines des grandes installations que nous avons vues dans le cadre de cette enquête étaient soumises à un entretien périodique par des spécialistes et fonctionnaient encore très bien après plus de trente années de service, tandis que des unités plus petites ne bénéficiant pas de ces services étaient souvent en panne après un an seulement de fonctionnement.

La question de la formation du personnel d'entretien est traitée plus en détail au chapitre 8.

8. BESOINS ET POSSIBILITES EN MATIERE DE FORMATION

8.1 Généralités

La présente étude avait notamment pour objet d'examiner les besoins et possibilités de la région en matière de formation aux techniques du froid, et plus particulièrement dans le secteur des pêches. Les besoins en matière de formation ont dans un premier temps été recensés dans le questionnaire diffusé avant l'enquête dans les pays. Sur les quatre vingt quinze réponses à la question 2.6.ii a) (manque de techniciens qualifiés), cinquante indiquaient que cette pénurie nuisait au bon fonctionnement du matériel en question (voir annexe 1 c). Seule la difficulté de se procurer des pièces détachées a été signalée comme problème particulier d'importance plus immédiate.

Lors de son passage dans les pays couverts par l'étude, l'équipe s'est rendue dans un certain nombre d'établissements de formation afin d'obtenir des renseignements sur leurs activités dans ce domaine et de recueillir des points de vues sur la question de la formation aux techniques du froid en général. Les établissements suivants ont été consultés (par ordre chronologique) :

Port Moresby Technical College, Papouasie-Nouvelle-Guinée
 Tarawa Technical Training Institute, Kiribati
 Lycée technique d'Etat, Polynésie française
 Western Samoa Technical Institute, Samoa-Occidental
 Fiji Institute of Technology, Fidji

De nombreuses sociétés privées exerçant leur activité dans le domaine du froid, qui peuvent être considérées comme les "consommateurs" du "produit" des établissements de formation ont également été consultées. On trouvera dans les paragraphes suivants un résumé des principales remarques et observations qui ont été formulées.

8.2 Besoins en matière de personnel dans le secteur du froid

Les secteurs privé et public sont tributaires des services de frigoristes qualifiés pour assurer l'entretien du matériel appartenant aux catégories suivantes, indiquées par ordre de priorité :

- i) climatiseurs de bureau et d'habitation
- ii) réfrigérateurs et congélateurs à usage ménager
- iii) installations frigorifiques à usage commercial
- iv) climatiseurs d'automobile.

L'entretien du matériel de la catégorie iv) est généralement assuré par des mécaniciens auto et compte pour peu dans leur charge de travail. Les pannes de climatiseurs d'automobile ne proviennent généralement pas de l'appareil lui-même et il est rare qu'il soit nécessaire de faire appel aux services d'un frigoriste pour ce travail. Les mécaniciens susceptibles d'avoir à réparer ce type d'appareils peuvent d'ailleurs suivre une formation accélérée spécialisée ou choisir les options appropriées au cours de leurs études.

La réparation des appareils de la catégorie ii) est souvent relativement simple, mais les frais de main-d'oeuvre peuvent la rendre exagérément onéreuse. Tout dépend en fait du prix local de la main d'oeuvre et d'un certain nombre d'autres facteurs. Au Samoa-Occidental, pays dans lequel la main d'oeuvre est bon marché, la monnaie est faible et où un contrôle des changes est en vigueur, une société fabrique artisanalement ses propres serpentins d'évaporateur et de condenseur, une solution qui s'avérerait peu rentable dans de nombreux autres pays océaniques. D'une façon générale, on peut dire que la réparation des appareils à usage ménager se limite au remplacement ou à la réparation de petits compresseurs hermétiques et au colmatage, par soudure, de petites fuites accessibles.

La plus forte demande en matière d'entretien et de réparation provient des appareils de la première catégorie, les climatiseurs. Ceci est dû, d'une part, au matériel lui-même, dont la construction permet un accès facile aux différents organes et, d'autre part, à la catégorie des utilisateurs qui pour la plupart sont des services administratifs, des bureaux, des banques et des ménages aisés pouvant se permettre de faire effectuer les réparations. Bien que souvent plus importants, les travaux à effectuer se rapprochent, par nature, des interventions sur les appareils frigorifiques à usage ménager, car les climatiseurs sont munis de petits compresseurs hermétiques et de condenseurs et évaporateurs fragiles. Comme pour le matériel ménager, les réparations sont généralement effectuées dans un atelier plutôt que sur place.

Le cas des installations frigorifiques commerciales (catégorie iii) diffère sur de nombreux points, notamment, du fait qu'il n'existe pas deux appareils parfaitement identiques. La diversité des modèles et le fait que de nombreuses pièces, différentes de celles utilisées sur le matériel ménager, ne soient pas systématiquement adaptables, exigent une meilleure connaissance et une plus grande habitude de la part du technicien appelé à travailler sur ce type d'appareils. Dans la plupart des cas, il s'agit d'installations fixes dont peu d'éléments sont facilement démontables pour être transportés en atelier. Une grande partie des réparations doit donc être effectuée sur place. Les pièces et la tuyauterie sont d'un gros calibre; de plus, il s'agit d'installations à haute pression qui peuvent être munies de dispositifs électriques complexes de régulation de la pression et de la température.

Comme son nom l'indique, le matériel commercial est généralement utilisé par des commerces de gros et de détail et autres entreprises privées dont la réussite financière est largement fonction de la fiabilité des services qu'ils sont à même d'assurer. Les plus grandes de ces entreprises ayant généralement une maison mère dans un pays industrialisé, elles ont plutôt tendance à recruter des frigoristes à l'étranger qu'à former des techniciens locaux. Les stagiaires ou techniciens locaux que ces entreprises peuvent employer, sont habituellement envoyés à l'étranger, le plus souvent en Australie ou en Nouvelle-Zélande, pour suivre une formation pratique chez de gros fabricants ou réparateurs d'installations frigorifiques.

Les petits magasins, supermarchés et autres commerces de détail ne sont généralement pas en mesure d'employer leurs propres techniciens et font souvent appel à des ouvriers en mécanique générale ou à des mécaniciens auto avant de s'adresser, en dernier recours, à des services spécialisés. On a alors deux possibilités : le mécanicien décèle et répare la panne, ou il l'aggrave et le frigoriste devra alors effectuer un important travail de réparation qui ne s'imposait pas au départ. Rares sont les petits commerces qui appliquent un programme d'entretien régulier.

Dans l'état actuel des choses, on peut donc dire que les principaux besoins de la région en matière de formation se portent sur du personnel appelé à travailler sur des climatiseurs et des appareils ménagers. Accessoirement, il serait souhaitable de pouvoir disposer de personnel plus qualifié habitué à travailler sur du matériel commercial et de mécaniciens auto ayant une connaissance suffisante des techniques du froid pour effectuer des réparations sur les climatiseurs d'automobile.

8.3 Besoins particuliers du secteur des pêches

Les installations frigorifiques utilisées dans le secteur des pêches font partie du matériel commercial de la catégorie iii), bien que leur mode d'exploitation diffère le plus souvent notablement de celui qui prévaut dans les entreprises commerciales. Dans le secteur des pêches, beaucoup d'installations frigorifiques appartiennent à l'Etat et sont exploitées par des services publics, et il est fréquent qu'elles soient délibérément ou non, déficitaires.

Lorsque ces installations relèvent du secteur public, l'entretien et les réparations sont fréquemment assurés par les services de maintenance de l'administration. Comme on l'a déjà vu plus haut, ces services sont surtout appelés à travailler sur des climatiseurs et du matériel frigorifique ménager.

Dans certains cas, les installations frigorifiques font partie d'un projet de développement intégré utilisant des navires et des véhicules. Il y a alors habituellement sur place au moins un mécanicien non spécialisé chargé de l'entretien général de l'ensemble des équipements, y compris des installations frigorifiques. Les entreprises plus importantes disposent parfois des services de deux ou trois mécaniciens, dont les qualifications varient, mais qui ne sont généralement pas spécialistes du froid.

Dans d'autres cas, les installations frigorifiques du secteur des pêches sont exploitées par des sociétés privées ou para-publiques qui n'ont pas l'obligation ou l'autorisation de faire appel aux mécaniciens de l'administration pour leurs travaux d'entretien et de réparation. Dans de petites unités de ce type, le directeur est responsable de tout ce qui touche au fonctionnement de l'établissement, y compris les petites réparations et l'entretien du matériel. (Ceci s'applique particulièrement aux unités isolées auxquelles les services de maintenance ont difficilement accès). Pour les travaux plus spécialisés, on fait généralement appel à des techniciens du secteur privé, comme le font les commerces de détail utilisant du matériel frigorifique. Dans les lieux isolés, l'entretien et les réparations peuvent être considérablement retardés par les difficultés de communication et le coût de la main d'oeuvre peut y être très élevé car le mécanicien devra être rémunéré, et généralement logé, jusqu'à ce qu'il puisse retourner à son lieu de travail habituel.

Toutes les installations frigorifiques du secteur des pêches fonctionnent dans des conditions différentes et chaque pays doit faire face à des problèmes distincts. Il faut donc se garder de toute généralisation sur les besoins régionaux en matière de techniciens du froid dans le secteur des pêches, aucune formule n'étant applicable à toutes les situations. Les besoins généraux existant dans ce domaine pourraient toutefois s'établir comme suit, par ordre d'importance :

- i) Conduire une action de formation par laquelle les mécaniciens du secteur public qui travaillent essentiellement sur des climatiseurs et du matériel ménager pourront acquérir les qualifications leur permettant d'assurer efficacement la maintenance des installations frigorifiques commerciales.
- ii) Former à la maintenance des installations commerciales les agents du secteur public employés par les services des pêches en qualité de mécanicien maritime, mécanicien auto ou/et électricien.
- iii) Former les responsables et le personnel d'encadrement des marchés aux poissons à la maintenance des installations commerciales et à la recherche de pannes.
- iv) Former à un niveau de qualification similaire au i) ci-dessus, les mécaniciens du secteur privé qui travaillent essentiellement sur des climatiseurs et du matériel ménager.

8.4 Possibilités actuelles de formation

Les besoins généraux en matière de personnel définis à la section 8.2 sont bien connus des employeurs et des responsables des activités de formation dans les pays de la région. Plusieurs établissements de formation visités au cours de la mission pourvoient aux besoins des pays dans lesquels ils sont installés et certains, notamment l'Institute of Technology (institut de technologie) de Fidji, accueillent des étudiants étrangers. Le Technical College (collège technique) de Port Moresby, l'Institute of Technology de Fidji et le Lycée technique d'Etat de Polynésie française proposent tous des cours d'apprentissage aux techniques du froid, essentiellement axés sur les climatiseurs et le matériel ménager. Le Technical Institute (institut technique) du Samoa-Occidental se propose d'organiser un cours d'initiation aux techniques du froid en 1985. Seuls les établissements de Port Moresby et de Fidji mettent toutefois les étudiants en contact avec des installations commerciales, mais dans les deux cas la formation dispensée se limite à un ou deux types d'installations.

Les employeurs du secteur privé sont généralement satisfaits des services des personnes ayant suivi des cours de formation dans la région. La plupart des diplômés qui entrent dans la vie active sont habituellement recrutés comme apprentis ou à un poste de niveau similaire. Plusieurs années d'expérience leur seront demandées avant qu'ils soient considérés comme suffisamment qualifiés pour travailler sans encadrement sur des climatiseurs et du matériel ménager. Les mécaniciens qui travaillent à plein temps sur des installations commerciales ont généralement suivi une formation approfondie à l'étranger (de six mois à deux ans) dans une société spécialisée ou dans un collège technique, voire dans les deux. Nombreux sont les fabricants qui acceptent volontiers des stagiaires étrangers. Il s'agit en effet d'une formule qui permet aux stagiaires de se familiariser avec les produits du constructeur, qui concourt à une amélioration des services d'entretien, et par là même de la réputation de la maison, tout en ayant tendance à inciter les nouveaux mécaniciens à promouvoir la marque pour laquelle ils ont travaillé. Parmi les établissements étrangers assurant une formation dans le secteur du froid, il a été constaté que le Technical Institute (collège technique) de Petone en Nouvelle-Zélande jouissait d'une certaine renommée.

Le fait que le secteur privé se tourne presque toujours vers l'étranger pour faire suivre des stages aux mécaniciens travaillant sur des installations commerciales montre bien que les possibilités de formation de la région sont insuffisantes dans ce domaine. Ceci s'explique fort bien si l'on considère la demande existante et la rentabilité d'une telle opération. Il est en effet peu probable qu'un seul pays dispose d'un nombre suffisant de stagiaires du niveau voulu pour justifier l'organisation d'un cours de formation relativement poussée sur les installations frigorifiques commerciales. A supposer qu'il le fasse, le bénéfice qu'il en retirerait et les débouchés professionnels prévisibles ne justifieraient certainement pas les dépenses à engager pour acquérir le matériel de formation spécialisée ainsi que les appareils frigorifiques et pièces nécessaires à l'enseignement dispensé. Ceci est d'autant plus vrai dans le cas d'un secteur comme celui des pêches dont les besoins particuliers ont été exposés à la section 8.3. Il serait très difficile à un collège technique de couvrir efficacement l'ensemble du matériel spécialisé utilisé sans engager d'importants investissements difficilement justifiables par rapport aux autres priorités existant en matière de formation.

8.5 Recommandations en matière de formation

Les arguments invoqués plus haut montrent que la formation à l'exploitation des installations frigorifiques commerciales, notamment dans le secteur des pêches, doit être organisée à un niveau régional. Il n'existe aucun établissement régional de formation technique, mais des stages à durée déterminée ou ponctuels sont fréquemment mis sur pied par des organisations internationales de développement. La Commission du Pacifique Sud, qui compte un grand nombre de pays membres et qui a été récemment chargée par les responsables des pêches de la région de renforcer son action en organisant des stages techniques dans leur secteur, est une structure se prêtant particulièrement bien à ce type de formation.

Comme on l'a vu au premier chapitre, un cours sur les techniques du froid appliquées au secteur des pêches a déjà été envisagé dans le cadre de ce projet pour répondre à un certain nombre de demandes précises émanant de plusieurs pays de la région. Les résultats de cette enquête confirment ce besoin et donnent des indications quant à la façon dont cette formation devrait être conduite et au matériel sur lequel elle devrait porter. Les grandes lignes du programme de ce cours, assorties de précisions sur les méthodes d'enseignement et de présentation figurent à l'annexe 4. Le cours envisagé se veut essentiellement pratique afin que les participants puissent se familiariser avec une large gamme de pièces et d'appareils.

En ce qui concerne les perspectives à long terme, il ne semble pas pour l'instant souhaitable de préconiser, à un niveau régional, la mise en place d'une structure permanente de formation ou l'organisation d'un cours continu sur les installations frigorifiques commerciales. Ceci ne revient pas à dire que le besoin n'existe pas, mais comme l'indique cette étude, le nombre de candidats et l'éventail des possibilités d'emploi à l'issue de la formation ne justifieraient pas réellement une telle opération. Il est indéniable que les petites installations frigorifiques commerciales se multiplieront dans la région, notamment dans le secteur des pêches, mais il est peu probable que le besoin de frigoristes qualifiés augmente dans les mêmes proportions tant que les pays insulaires océaniques n'auront pas davantage pris conscience du fait que le bon fonctionnement et la rentabilité de ce type de matériel dépendent de la qualité des services et des programmes d'entretien. Nous espérons que ce rapport et le prochain cours de formation aideront à mieux faire comprendre cette réalité.

Annexe la - Questionnaire diffusé en juin 1984 à tous les pays
membres de la CPS

QUESTIONNAIRE SUR LES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES EN SERVICE DANS LA ZONE
D'ACTION DE LA COMMISSION DU PACIFIQUE SUD

Commission du Pacifique Sud, B.P. D5, Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie

Le présent questionnaire est destiné aux ministères ou aux organismes officiels des pêches chargés du développement de la pêche dans les pays et territoires membres de la CPS, afin d'établir un premier inventaire du matériel frigorifique, y compris des machines à glace, chambres froides, congélateurs et autres, en service dans le secteur des pêches de la région.

La première partie du questionnaire porte sur tous les types d'appareils utilisés dans votre pays. Pour chaque grande catégorie, nous vous prions d'indiquer le nombre approximatif d'appareils existants. Nous souhaiterions également avoir une brève liste des principaux modèles que vous utilisez actuellement.

La deuxième partie porte sur les caractéristiques et, plus particulièrement, sur le fonctionnement de chaque modèle d'appareil frigorifique. Nous vous demandons de remplir un exemplaire de la deuxième partie pour chaque modèle; à cette fin nous vous adressons vingt exemplaires de ce questionnaire - vous pouvez reproduire ou demander à la CPS les exemplaires supplémentaires dont vous pourriez avoir besoin. Nous joignons également un questionnaire rempli pour vous servir de modèle.

Les réponses à la première partie seront étudiées par la Seizième Conférence technique régionale des pêches qui se tiendra à Nouméa du 13 au 17 août 1984. Aussi est-il indispensable que les questionnaires soient retournés à la CPS avant cette date. La plupart des pays et territoires membres de la CPS devant être représentés à cette conférence, les délégués pourraient apporter les questionnaires remplis et les remettre au secrétariat dès leur arrivée à Nouméa, ceci afin d'éviter tout retard dans l'acheminement par courrier.

Pour la deuxième partie du questionnaire dans laquelle sont demandées des informations plus détaillées, il sera certainement nécessaire de faire appel à la collaboration de différents services techniques et d'agents spécialisés. Aussi est-il peu probable que cette partie du questionnaire puisse être remplie avant la Conférence; nous souhaitons cependant recevoir les réponses dans les plus brefs délais après cette conférence. Enfin, nous recommandons aux personnes remplissant le questionnaire d'en conserver un double pour leurs archives et pour d'éventuelles discussions ultérieures.

Toute information, même incomplète, nous sera utile.

Nous vous remercions par avance de votre coopération.

Annexe la (suite)

PREMIERE PARTIE : INVENTAIRE DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES TERRITORIALES

Le but de cette première partie est d'évaluer l'importance relative des différentes catégories d'appareils frigorifiques non embarqués en service dans les pêcheries de la zone d'action de la CPS.

1.1 PAYS..... 1.2 QUESTIONNAIRE REMPLI i) Nom
PAR ii) Fonction

1.3 - 1.10 GRANDES CATEGORIES. Pour chacune de ces catégories, indiquer le nombre approximatif d'appareils frigorifiques utilisés par les services officiels, les organismes publics ou semi-publics de commercialisation du poisson, les centres de collecte, les coopératives de pêcheurs financées par le secteur public ou les groupements d'intérêt économique. Dans certains pays, les entreprises privées et les sociétés commerciales exerçant leur activité dans le secteur de la pêche disposent également d'installations frigorifiques. Dans la mesure du possible, donner une estimation, même très approximative, du nombre de ces matériels en service dans le secteur privé. Les installations de congélation ou de conservation à bord de navires ne doivent pas être signalées dans ce questionnaire.

	Nombre Approximatif dans le secteur public ou semi-public	Nombre estimé dans le secteur privé
1.3 GENERATEURS DE GLACE D'EAU DOUCE EN PAINS		
i) Capacité nominale inférieure à 500 kg/24 h	_____	_____
ii) Capacité nominale comprise entre 500 kg et 1 t/24 h	_____	_____
iii) Capacité nominale comprise entre 1 t et 2 t/24 h	_____	_____
iv) Capacité nominale supérieure à 2 t/24 h	_____	_____
1.4 GENERATEURS DE GLACE D'EAU DOUCE EN PAILLETES, EN TUBES OU AUTRES		
i) Capacité nominale inférieure à 2 t/24 h	_____	_____
ii) Capacité nominale comprise entre 2 et 5 t/24 h	_____	_____
iii) Capacité nominale supérieure à 5 t/24 h	_____	_____
1.5 CHAMBRES FROIDES POSITIVES		
i) Capacité nominale inférieure à 2 t	_____	_____
ii) Capacité nominale supérieure à 2 t	_____	_____
1.6 CONGELATEURS DOMESTIQUES, COFFRES OU ARMOIRES		

	Nombre approximatif dans le secteur public ou semi-public	Nombre estimé dans le secteur privé
1.7 CHAMBRES FROIDES NEGATIVES		
i) Capacité nominale inférieure à 2 t	_____	_____
ii) Capacité nominale comprise entre 2 t et 10 t	_____	_____
iii) Capacité nominale comprise entre 10 t et 50 t	_____	_____
iv) Capacité nominale supérieure à 50 t	_____	_____
1.8 CONGELATEURS A CIRCULATION D'AIR		
i) Capacité nominale inférieure à 1 t/24 h	_____	_____
ii) Capacité nominale comprise entre 1 t et 5 t/24 h	_____	_____
iii) Capacité nominale supérieure à 5 t/24 h	_____	_____
1.9 CONGELATEURS A PLAQUES		
i) Capacité nominale inférieure à 500 kg/24 h	_____	_____
ii) Capacité nominale comprise entre 500 kg et 2 t/24 h	_____	_____
iii) Capacité nominale supérieure à 2 t/24 h	_____	_____
1.10 AUTRES		
(Indiquer ci-dessous notamment les machines à glace d'eau de mer, les appareils de congélation par immersion, les vitrines réfrigérées ou congélateurs pour commerces, les véhicules réfrigérants, etc.)		
i)	_____	_____
ii)	_____	_____
iii)	_____	_____
iv)	_____	_____
v)	_____	_____

1.11 MODELES. Dans l'ensemble de la zone d'action de la CPS, il existe de très nombreux modèles des appareils frigorifiques appartenant aux différentes catégories ci-dessus; veuillez dresser la liste la plus complète possible des modèles qui, à votre connaissance, sont utilisés dans votre pays. Nous souhaiterions que ces informations soient données dans l'ordre suivant :

Fabricant; Référence du modèle; Description;
Capacité nominale (le cas échéant)

Exemple : RESCO B400 GENERATEUR DE GLACE EN PAINS 408 KG/24 H

NOMBRE EN SERVICE

1.11 APPAREILS

- i)
- ii)
- iii)
- iv)
- v)
- vi)
- vii)
- viii).....
- ix)
- x)
- xi)
- xii)
- xiii).....
- xiv)
- xv)

Annexe 1a) suite

DEUXIEME PARTIE : APPRECIATION DU MATERIEL EN SERVICE

Le but de cette deuxième partie est d'établir une comparaison entre les caractéristiques générales du matériel frigorifique actuellement en service dans la zone d'action de la CPS et de recueillir des observations générales sur les résultats obtenus. Nous vous demandons de bien vouloir remplir un questionnaire par modèle de matériel sur lequel vous disposez de renseignements; tous les renseignements nous seront utiles, même s'ils sont incomplets. Si vous disposez des spécifications techniques ou de documentation du fabricant pour l'un ou l'autre des modèles cités, nous vous serions reconnaissants de bien vouloir les joindre aux questionnaires.

2.1 PAYS
2.2 QUESTIONNAIRE i) Nom :.....
REPLI PAR ii) Fonction :

2.3 MATERIEL

- i) Fabricant
- ii) Modèle
- iii) Pays d'origine.....
- iv) Pays d'achat.....
- v) Description (Préciser la capacité nominale, le type d'alimentation et autres caractéristiques techniques).....
.....
.....
- vi) Nombre en service :

2.4 CHOIX. Le choix du matériel frigorifique dépend de nombreux éléments. Veuillez cocher les cases correspondant aux éléments qui sont intervenus dans le choix du matériel.

	Oui	Non	Sans Objet
i) Correspondant le mieux à l'application	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ii) Choix limité en raison du peu d'informations disponibles sur d'autres matériels	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
iii) Pièces détachées disponibles et/ou possibilités d'entretien et de réparation sur place	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
iv) Faible prix d'achat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
v) Faible coût de fonctionnement prévu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vi) Contraintes imposées par l'organisme financier ou bailleur de fonds (par exemple, règles du pays d'origine)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vii) Autres (préciser)			
.....			
.....			
.....			

Annexe la) suite

2.5 FONCTIONNEMENT. Le fonctionnement de ce matériel	Oui	Non
i) Vous a-t-il donné entière satisfaction	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ii) A-t-il été généralement satisfaisant, mais avec des problèmes mineurs (préciser)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
iii) A-t-il été non satisfaisant avec des problèmes majeurs (préciser)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
iv) Autres observations sur le fonctionnement.....		

2.6 PROBLEMES. Vous trouverez ci-dessous certaines des causes les plus fréquentes des problèmes posés par le matériel frigorifique. Cochez la case correspondant à la situation que vous connaissez.

	Problème majeur	Problème mineur	Pas de problème	Sans objet
i) Pannes ou arrêts fréquents :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Causes : a) Carburant contenant des impuretés ou alimentation irrégulière	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Mauvaise conception/construction	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Entretien insuffisant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Autres (préciser)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ii) Entretien insuffisant :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Causes : a) Techniciens insuffisamment qualifiés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Matériel situé dans un endroit éloigné	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Matériel trop perfectionné	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Pièces détachées difficiles à obtenir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Autres (préciser)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Annexe lb) Synthèse des réponses à la 1ère partie du questionnaire

AUTRES

- i) Comptoirs frigorifiques (du commerce)
- ii) Camions réfrigérants
- iii) Conteneurs réfrigérants (maritimes)
- iv) Congélateurs à saumure
- v) Générateurs de glace d'eau de mer
- vi) Congélateurs, conservateurs portables

EFM	Fidji	Pol. franc.	Kiribati	Iles Marshall	PNG	Iles Salomon	Tonga	Tuvalu	Vanuatu	Samoa Occ.	Total
-/8	6/- 3/20 1/- 1/-		-/1	-/3		5/- 2/- 1/-		2/- 1/-	3/-	2/-	18/11 3/20 2/- 2/1 1/- 1/-

Annexe lb) Synthèse des réponses à la 1ère partie du questionnaire

	EFM	Fidji	Pol. franc.	Kiribatí	Iles Marshall	PNG	Iles Salomon	Tonga	Tuvalu	Vanuatu	Samoa Occ.	Total
<u>GENERATEURS DE GLACE D'EAU DOUCE EN PAINS</u>												
i) Capacité nominale inférieure à 500 kg/24 h		1/2				8/-	18/-	2/-		3/1		32/3
ii) Capacité nominale comprise entre 500 kg et 1 t/24 h		3/-		2/-		2/-	6/-	7/-				20/-
iii) Capacité nominale comprise entre 1 t et 2 t/24 h		-/1										-/1
iv) Capacité nominale supérieure à 2 t/24 h			-/1	-/1							-/1	
<u>GENERATEURS DE GLACE D'EAU DOUCE EN PAILLETES, EN TUBES OU AUTRES</u>												
i) Capacité nominale inférieure à 2 t/24 h		3/-	3/-		2/2		1/-	2/-	1/-	1/-	1/-	14/2
ii) Capacité nominale comprise entre 2 et 5 t/24 h		5/1		-/1	-/1	1/-						6/3
iii) Capacité nominale supérieure à 5 t/24 h		6/1	-/2		1/-		2/-					9/3
<u>CHAMBRES FROIDES POSITIVES</u>												
i) Capacité nominale inférieure à 2 t		3/-			2/-		10/-			6/-		21)
ii) Capacité nominale supérieure à 2 t		3/-	2/-	-/150	-/1	1/1	2/-	3/-	1/-	1/-	5/-	18)152
<u>CONGELATEURS DOMESTIQUES, COFFRES OU ARMOIRES</u>												
		5/20	6/ beaucoup	3/25	7/10		22/15		2/10	4/-		49/84+
<u>CHAMBRES FROIDES NEGATIVES</u>												
i) Capacité nominale inférieure à 2 t		2/-			2/-		2/-					6/-
ii) Capacité nominale comprise entre 2 t et 10 t		3/3	1/50	-/1		2/-	-/1		1/-	2/-	3/-	12/55
iii) Capacité nominale comprise entre 10 t et 50 t		2/-	2/15	9/-	-/1	4/3	2/-	9/-			1/-	29/19
iv) Capacité nominale supérieure à 50 t		2/-		-/2	1/-	1/2	2/-			-/6		6/12
<u>CONGELATEURS A CIRCULATION D'AIR</u>												
i) Capacité nominale inférieure à 1 t/24 h		3/-					1/-					5/-
ii) Capacité nominale comprise entre 1 t et 5 t/24 h		1/-	3/20	-/1								4/21
iii) Capacité nominale supérieure à 5 t/24 h		2/-			1/-	2/-		2/-				7/-
<u>CONGELATEURS A PLAQUES</u>												
i) Capacité nominale inférieure à 500 kg/24 h		1/-										1/-
ii) Capacité nominale comprise entre 500 kg et 2 t/24 h								1/-	1/-			2/-
iii) Capacité nominale supérieure à 2 t/24 h												-/1

Annexe lb) Synthèse des réponses à la 1ère partie du questionnaire

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique

Nous reproduisons ci-après un résumé de l'inventaire du matériel frigorifique utilisé dans le secteur des pêches, public ou privé, des pays insulaires du Pacifique. Cet inventaire ne doit en aucun cas être considéré comme exhaustif mais il est, ou devrait être, représentatif. Les données ont été extraites des réponses données au questionnaire (pays dont le nom est suivi de la lettre "Q" dans la liste ci-dessous) et résultent des discussions et observations au cours de la mission d'enquête (lettre "E"). Les caractéristiques techniques manquent dans de nombreux cas; lorsqu'elles sont données, elles sont présentées sous une forme homogène simplifiée donnant les informations essentielles de la façon la plus concise possible.

Les pays figurant dans cet inventaire sont les suivants :

a)	Etats Fédérés de Micronésie	Q, E
b)	Fidji	Q, E
c)	Polynésie française	Q, E
d)	Kiribati	Q, E
e)	Iles Marshall	Q, E
f)	Papouasie-Nouvelle-Guinée	E
g)	Iles Salomon	Q, E
h)	Tonga	E
i)	Tuvalu	Q, E
j)	Vanuatu	Q, E
k)	Samoa-Occidental	Q, E

Lorsque les données proviennent des réponses au questionnaire, les caractéristiques techniques sont présentées exactement comme dans le formulaire. Les unités ont été converties en unités standards sur les bases suivantes :

Capacité	:	1 tonne = 3 m ³
Puissance du groupe	:	1 cheval-vapeur = 0,74 kW

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

a) ETATS FEDERES DE MICRONESIE

i) Kosrae

1. Générateur de glace divisée, capacité inconnue, modèle Mile High B750A
 - Compresseur FLA 8,0 - Frigorigène R 12
 - 1 appareil
2. Générateur de glace en paillettes, capacité 2t/j, modèle Takagi Sangyo K-20
 - Compresseur ouvert, groupe électrique 7,5 kW
 - 1 appareil, Coopérative des pêcheurs de Kosrae
3. Chambre froide, capacité estimée 2t
 - Compresseur Balley-Copeland CBAH-0300-TAC-001
 - 1 unité
4. Chambre froide, capacité estimée 5t
 - Compresseur Balley-Copeland CBAH-0150-TAC-001. Frigorigène R 22
 - 2 unités
5. Chambre froide, capacité estimée 5t
 - Compresseur Balley-Copeland C3AL-1001-TSC-006. Frigorigène R 22
 - 2 unités
6. Chambre froide (-20°C), capacité 20t, modèle Takagi Sangyo TWX 800LS
 - Compresseur ouvert avec groupe électrique Superline SB-E de 55 kW - Frigorigène R 22
 - 1 unité
7. Congélateur à air soufflé, capacité inconnue, modèle Takagi Sangyo TWX-800-LS
 - Frigorigène R 22
 - 2 unités
8. Comptoir frigorifique, modèle Friedrich SS8T
 - Frigorigène R 12
 - 1 meuble
9. Groupe diesel, 35/40 KvA, 220/220 V, modèle Yanmar AG405
 - 2 groupes

ii) Ponape

1. Générateur de glace en pains, capacité 0,4 t/j, modèle Resco B-400
 - 1 machine. Ponape Economic Development Authority
2. Générateur de glace en pains, capacité 0,7t/j, modèle K.G Brown (?)
 - Saumure de chlorure de sodium
 - 2 machines. Ponape Economic Development Authority

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

- a) ETATS FEDERES DE MICRONESIE (suite)
- ii) Ponape (suite)
3. Générateur de glace en paillettes (tubes), capacité 2t/j, modèle Turbo SBF45CA
 - Compresseur semi-hermétique Copelamatic, puissance estimée 7,4 kW
 - Frigorigène R 22
 - 1 machine. Ponape Economic Development Authority
 4. Générateur de glace en paillettes, capacité 2t/j, modèle Northstar (?)
 - 1 machine. Ponape Economic Development Authority
 5. Générateur de glace en paillettes, capacité 5t/j, modèle Northstar M10
 - 1 machine. Service du froid de Tekhetic
 6. Chambre de réfrigération, capacité estimée 5t
 - Chambre isotherme Coolclad préfabriquée; groupe hermétique Copeland, puissance estimée 1,1 kW
 - 1 unité Ponape Economic Development Authority
 7. Chambre de réfrigération, capacité estimée 5t
 - Chambre isotherme construite localement; groupe cavalier Recold PL5A
 - 1 unité, Service du froid de Tekhetic
 8. Chambre de réfrigération, capacité estimée 10t
 - Chambre isotherme Coolclad préfabriquée; deux groupes hermétiques Copeland de 1,1 kW chacun de puissance estimée
 - 1 unité. Ponape Economic Development Authority
 9. Chambre de réfrigération, capacité estimée 10t
 - Chambre isotherme construite localement; groupe cavalier Recold PL5A
 - 1 unité, Service du froid Tekhetic
 10. Chambre froide, capacité estimée 7t
 - Chambre isotherme construite localement; groupe cavalier Recold PL5A
 - 1 unité, Service du froid Tekhetic
 11. Congélateur à air forcé, capacité 4t/j
 - Chambre isotherme construite localement; groupe cavalier Recold PL10A
 - 1 unité, Service du froid Tekhetic
- iii) Truk
1. Générateur de glace en paillettes, capacité 3t/j, modèle Northstar M10/71
 - 1 machine
 2. Générateur de glace en paillettes, capacité 3t/j, modèle Turbo SBF65CA
 - 1 machine

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

- a) ETATS FEDERES DE MICRONESIE (suite)
- iii) Truk (suite)
3. Générateur de glace en paillettes, capacité 5t/j, modèle Turbo CFA5CA
- 1 machine
 4. Armoire frigorifique, capacité 0,25t/j, modèle Pinnadewood CH29772
- 2 appareils
 5. Armoire frigorifique, capacité 0,25t/j, modèle Lug-land (Fukushima) (?)
- 3 appareils
 6. Chambre de réfrigération, capacité 3t
- Compresseur Copeland CBAH-0200-TAD-001
- 1 unité
 7. Chambre de réfrigération, capacité 5t
- Compresseur Recold-York PM5A
- 1 unité
 8. Chambre de réfrigération, capacité 7t
- Compresseur Copeland CBAH-0750-1FC-001; frigorigène R12
- 1 unité
 9. Chambre de réfrigération, capacité inconnue
- Compresseur Balley-Copeland CBAH-0750-1FC-001; frigorigène R 12
- 1 unité
 10. Congélateur vertical, capacité 0,25t, modèle Holin OVIC-ID-8-55
- 3 appareils
 11. Congélateur vertical, capacité 0,25t, modèle Hill JZ12CK-C
- 4 appareils
 12. Congélateur, capacité 0,5t, modèle Hill NR-75-LS-C
- 1 appareil
 13. Chambre froide, capacité 2t
- Compresseur Copeland EAVI-C18C-TAC
- 1 unité
 14. Chambre froide, capacité 4t
- Compresseur Copeland KAT2-0100-CA1
- 1 unité
 15. Chambre froide, capacité 5t
- Compresseur Copeland 9R53-0760-TFC
- 2 unités
 16. Chambre froide, capacité 5t
- Groupe cavalier Recold-York PL5A
- 1 unité

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

a) ETATS FEDERES DE MICRONESIE (suite)

iii) Truk (suite)

17. Chambre froide, capacité 20t
 - Compresseur Copeland C3AL-1002-T8D-001
 - 2 unités
18. Congélateur à air forcé, capacité 20t/j
 - Groupe cavalier Recold-York PL10B
 - 2 unités
19. Congélateur à air forcé, capacité 40t/j
 - Compresseur Copeland C3AL-1002-T8D-001
 - 1 unité

iv) Yap

1. Générateur de glace en paillettes, capacité 2t/j, modèle Takagi Sangyo K-20
 - Compresseur ouvert, groupe électrique de 7,5 kW
 - 2 machines
2. Générateur de glace en paillettes, capacité inconnue
 - Compresseur Tecumseh LH7517A
 - 1 machine, Service des pêches de Yap
3. Générateur de glace en paillettes, capacité inconnue, modèle King Seelèy Thermos MFGAE-34
 - 2 machines, Service des pêches de Yap
4. Chambre de réfrigération, capacité inconnue, modèle Mitsubishi HC-15TMA
 - 3 unités
5. Chambre froide, capacité 1,5t, modèle Mitsubishi HC-11TMA
 - 2 compresseurs semi-hermétiques
 - 1 unité
6. Chambre froide, capacité 3t
 - Compresseur Copelamatic LAMI-0310-SAB
 - 1 unité
7. Chambre froide, capacité 20t, modèle Takagi Sangyo TWX-800-LS
 - Compresseur ouvert, groupe électrique Superline de 5,5 kW, frigorigène R 22
 - 2 unités
8. Chambre froide, capacité inconnue, modèle Takagi Sangyo TWX-800-LS
 - 1 unité
9. Congélateur à air forcé, capacité inconnue, modèle Takagi Sangyo TWX-800-LS
 - Frigorigène R 22
 - 1 unité

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

b) FIDJI

1. Générateur de glace en pains, capacité 0,4t/j, modèle Resco B-400
- 1 machine
2. Générateur de glace en pains, capacité 0,8t/j, modèle Resco B-800
- 2 machines
3. Générateur de glace en paillettes, capacité 5t/j, modèle Resco SEW-5600
- 1 machine située à Lami
4. Générateur de glace en paillettes, modèle Nissin NI-FS-5U
- Générateur de glace à plaques Taito-Seiko TS-5U;
compresseur ouvert Mitsubishi avec groupe électrique
de 1,5 kW; chambre de réfrigération
- 3 machines à Wainibokasi, Savusavu et Taveuni
5. Générateur de glace en paillettes, capacité 10t/j, modèle McAlpine MD10
- 1 machine située à Lami
6. Générateur de glace en paillettes, capacité 10t/j, modèle Northstar M10
- 1 machine située à Labasa
7. Générateur de glace en paillettes, capacité 20t/j, modèle Northstar M20-77
- 2 tambours à glace; chambre de réfrigération; tour de refroidissement
- 1 machine à Lautoka
8. Chambre de réfrigération, capacité 20t
- Compresseur semi-hermétique Mitsubishi WA-25C; tour de refroidissement (commune à l'unité n° 11); frigorigène R 22
- 2 unités à Lami - National Marketing Authority
9. Chambre froide, capacité 5 t
- 2 unités à Labasa et Savusavu
10. Chambre froide/conteneur frigorifique, capacité estimée 15t
- 3 unités; 2 à Labasa, 1 à Lami - National Marketing Authority
11. Chambre froide, capacité 20t
- Compresseur semi-hermétique Mitsubishi WB-3MC; tour de refroidissement (commune à l'unité n° 8)
- 2 unités à Lami - National Marketing Authority
12. Congélateur à air forcé, capacité 20t/j
- Compresseur semi-hermétique Mitsubishi WB-65C; tour de refroidissement; frigorigène R502
- 1 unité à Lami - National Marketing Authority

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

c) POLYNESIE FRANCAISE

1. Générateur de glace divisée, capacité estimée de 0,5t/j, modèle Mannhardt 1441
 - Compresseur hermétique 115 V à simple effet
 - 1 machine
2. Générateur de glace en paillettes, capacité 1t/j, modèle Matal Geneglance F-90C
 - Capacité de stockage 1,7t
 - 1 machine (3 supplémentaires prochainement)
3. Générateur de glace en pains, capacité 2t/j, modèle Trepaud (?)
 - Compresseur Brissonneau; saumure de chlorure de calcium
 - 2 machines
4. Générateur de glace en pains, capacité 18t/j, modèle Vogt P-24A
 - Capacité de stockage 25t
 - 1 machine
5. Réfrigérateurs/congélateurs coffres et armoires, capacité 85-200 l, modèle CGEE (différents types)
 - Compresseur hermétique Danfoss 12v/24v; meubles très fortement isolés pour fonctionnement à l'énergie solaire
 - Plus de 1.000 appareils en service (ménagers et commerciaux)
6. Chambre de réfrigération, capacité 0,25t, modèle Skope (?)
 - 72 unités
7. Chambre de réfrigération (+2°C), capacité 6t, modèle Copeland (?)
 - 3 unités
8. Chambre de réfrigération (+5°C), capacité 15t, construction locale
 - 2 unités
9. Chambre de réfrigération (+2°C), capacité 17t, modèle Copeland (?)
 - 2 unités
10. Chambre froide, capacité 6t, modèle Brissonneau 8X880
 - 5 unités
11. Chambre froide (-10°C), capacité 6t, modèle Copeland (?)
 - 1 unité
12. Chambre froide (-30°C), capacité 8t
 - 2 unités
13. Chambre froide (-10°C), capacité 10t, modèle Copeland (?)
 - 1 unité
14. Chambre froide, capacité 22t, modèle Superfreeze (?)
 - Divisée en chambres de 15 et 7 tonnes; compresseurs Copeland
 - 6 unités

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

c) POLYNESIE FRANCAISE (suite)

15. Chambre froide (-30°C), capacité 25t, construction locale
- 1 unité
16. Chambre froide/conteneur frigorifique (-22°C); capacité estimée 7t, modèle Thermo King (?)
- Compresseur semi-hermétique Brown Boverly
- Groupe électrogène diesel auxiliaire de 7kVA
- 4 unités
17. Ensemble de chambres froides, capacité totale 2.000t en 12 unités
- Compresseurs Copelamatic de différentes puissances
18. Entrepôt frigorifique industriel pour poisson, capacité totale 4.000t en 5 unités
- Systèmes frigorifiques Kramer Trenton

d) KIRIBATI

1. Générateur de glace en pains, capacité 0,8t/j, modèle Resco B-800D
- Groupe diesel Petter de 7,3 kW avec transmission directe par embrayage centrifuge; saumure de chlorure de calcium; frigorigène R 12
- 2 machines
2. Générateur de glace en pains, capacité 10t/j, modèle Mayekawa FJ4
- Utilise 3 compresseurs Mycom 4JM2 en commun avec l'unité n° 9
- 1 machine, Te Mautari Ltd.
3. Générateur de glace en paillettes (plaques), capacité 3t/j, modèle Tohzaï Kogyo BF6SCA
- glace d'eau de mer; alimentation par groupe diesel autonome; compresseur semi-hermétique de 15 kW de puissance estimée
- 1 machine, Te Mautari Ltd.
4. Chambre de réfrigération (-5°C), capacité 3t, modèle Mitsubishi NWU 30H
- groupe électrogène diesel
- 1 unité, Te Mautari Ltd
5. Chambre froide (-20°C), capacité 10t, modèle Mitsubishi NWU 2IL
- groupe électrogène diesel : trois compresseurs
- 1 unité, Te Mautari Ltd.
6. Chambre froide (-20°C), capacité 60t, modèle Nissin SC8 LL52 TV 3225
- 2 compresseurs Copeland, puissance estimée 9 kW, modèle 9RS3-0765-TEC
- 1 unité, Te Mautari Ltd.
7. Chambre froide (-30°C), capacité 300t, modèle Mitsubishi AFS-50
- Groupe électrogène diesel auxiliaire : 2 compresseurs Nissin MZ-62L
- 1 unité, Te Mautari Ltd.

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

d) KIRIBATI (suite)

8. Congélateur à air forcé, capacité 3t/j, modèle Nissin CFU 882-10/355
- Utilisé pour congeler 1t/8h; groupe électrogène diesel;
compresseur semi-hermétique de 19 kW
- 1 unité, Te Mautari Ltd.
9. Congélateur à saumure, capacité 5t/j, modèle Mayekawa FJ4
- Utilise 3 compresseurs Mycom 4JM2 en commun avec la machine
n° 2
- 1 unité, Te Mautari Ltd.
10. Groupe électrogène diesel, puissance 100 kVA, modèle Denyo DCA-125A-M
- 1 unité, Te Mautari Ltd.
11. Groupe électrogène diesel, puissance 100 kVA, modèle Toyodenki WD-456A-4C
- 1 unité, Te Mautari Ltd.
12. Groupe électrogène diesel, puissance 100 kVA, modèle Mitsubishi 6D14
- 4 unités, Te Mautari Ltd.

e) ILES MARSHALL

1. Générateur de glace en paillettes, capacité 1t/j, modèle Taito Seiko 21-10
- 1 machine
2. Générateur de glace en paillettes, capacité 5t/j, modèle Mitsubishi (?)
- Compresseurs semi-hermétiques jumelés
- 1 machine
3. Générateur de glace en paillettes, capacité inconnue, modèle Palmer MM1050B
- 3 machines
4. Chambre froide, capacité 50t, modèle Copeland (?)
- Compresseur Copelamatic 6RA4-2000-TSK de 15 kW
- 1 unité
5. Chambre froide/conteneur frigorifique, capacité 20t, modèle Thermo King CF5045
- 4 unités
6. Chambre froide/conteneur frigorifique, capacité 20t, modèle Carrier 69NU 137B-224
- 4 unités

f) PAPOUASIE-NOUVELLE-GUINEE

1. Générateur de glace en pains, capacité 0,4t/j, modèle Resco B-400
- 2 machines à Baimuru

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

f) PAPOUASIE-NOUVELLE-GUINEE (suite)

2. Générateur de glace en pains, capacité 0,4t/j, modèle Norden (?)
- 6 machines à Boroko
3. Générateur de glace en pains, capacité 0,8t/j, modèle Resco B-800
- 1 machine
4. Générateur de glace en pains, capacité 0,8t/j, modèle Norden (?)
- 1 machine à Boroko
5. Générateur de glace en pains, capacité 0,8t/j, modèle Bitzer (?)
- 1 machine à Boroko
6. Générateur de place en paillettes, capacité 5t/j, modèle Northstar M-10
- 1 machine à Daru
7. Réfrigérateur/congélateur transportable, capacité 1t
- Construction locale à partir de pièces de climateurs d'automobiles
- 1 machine à Daru (Western District Seafoods)
8. Chambre froide, capacité 6t
- 1 unité à Daru (Western District Seafoods)
9. Chambre de congélation, capacité estimée à 7t
- Compresseur semi-hermétique Kelvinator
- 1 unité à Boroko
10. Chambre de congélation, capacité estimée à 15t
- Chambre préfabriquée Hunt et Baird; compresseur ouvert Kelvinator TE 82; condenseur Bitzer
- 2 unités à Port-Moresby
11. Chambre de congélation, capacité estimée à 18t
Chambre préfabriquée Hunt et Baird; compresseur ouvert, groupe électrique Toshiba; groupe condenseur Bitzer
- 1 unité à Port-Moresby
12. Chambre de congélation, capacité 20t
- Chambre préfabriquée Isowall; deux compresseurs Kelvinator semi-hermétiques de 4 kW
- 1 unité à Baimuru
13. Chambre de congélation, capacité 20t
- Chambre préfabriquée Sanders-Rolbond; compresseur semi-hermétique McAlpine Prestcold
- 1 unité à Daru
14. Chambre de congélation, capacité 24t
- Divisée en trois chambres; 3 compresseurs Copeland semi-hermétiques
- 1 unité à Daru

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

f) PAPOUASIE-NOUVELLE-GUINEE (suite)

15. Chambre de congélation, capacité 50t
 - Chambres préfabriquées Hunt et Baird; compresseurs ouverts Kelvinator; groupes électriques Asea
 - 2 unités à Port-Moresby
 16. Chambre froide, capacité 100t, modèle MacGregor (?)
 - Plusieurs compresseurs Kelvinator TE-82
 - 1 unité à Port-Moresby
 17. Ensemble de congélation
 - a) chambre de congélation, capacité 20t
 - b) chambre de congélation, capacité 60t
 - c) congélateur à air forcé, capacité 10t/j
 - utilisant en commun 4 compresseurs ouverts Kelvinator avec groupes électriques de 3,7 à 12kW
 - 1 ensemble à Daru (Western District Seafoods)
 18. Congélateur à air forcé, capacité 10 t/j
 - chambre préfabriquée Hunt et Baird; compresseur ouvert Kelvinator avec groupe électrique de 11 kW; évaporateur Muller
 - 1 unité à Baimuru
 19. Groupe électrogène diesel, puissance 25 kvA, modèle Lister HR 3
 - 1 groupe à Baimuru
 20. Groupe électrogène diesel, puissance 52 kW, modèle Caterpillar SR-4
 - 1 groupe à Port-Moresby
 21. Groupe électrogène diesel, puissance 65 kvA, modèle Lister HR 56431
 - 1 groupe à Baimuru
 22. Groupe électrogène diesel, puissance 90 kvA, modèle Lister 169JA6 A28
 - 1 groupe à Baimuru
 23. Groupe électrogène diesel, puissance 95 kvA, modèle Lister HR 6
 - alternateur Electric Construction Corporation BRF 2501
 - 1 groupe à Daru (Western District Seafoods)
- g) ILES SALOMON
1. Générateur de glace en pains, capacité 0,4t/j, modèle Resco B-400
 - compresseur Bitzer
 - 3 machines

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

g) ILES SALOMON (suite)

2. Générateur de glace en pains, capacité 0,5t/j, modèle McGregor M-400
 - Compresseurs ouverts avec moteurs diesels; frigorigène secondaire: propyleneglycol
 - 3 machines
3. Générateur de glace en pains, capacité 0,5t/j, modèle Winter WB500
 - 3 machines
4. Générateur de glace en pains, capacité 0,7t/j, modèle McGregor M-800
 - Quelques compresseurs ouverts avec propre moteur diesel; les autres étant semi-hermétiques avec groupe électrogène diesel; frigorigène secondaire : propyleneglycol
 - 10 machines
5. Générateur de glace en pains, capacité 0,8t/j, modèle Resco B-800
 - Compresseur Bitzer
 - 3 machines
6. Générateur de glace en pains, capacité 1t/j, modèle Lightfoot VT7
 - Saumure de chlorure de calcium
 - 1 machine à Honiara
7. Générateur de glace en paillettes, capacité 0,4t/j, modèle McGregor V160
 - 1 machine
8. Générateur de glace en paillettes, capacité 1t/j, modèle Mycom MPI-1
 - Compresseur semi-hermétique avec propre moteur diesel, modèle Daewoo DGR triphasé, 220 V, puissance 25 kVA; frigorigène R22
 - 2 machines
9. Chambre de réfrigération, capacité 1,5t
 - Compresseur ouvert Coldstream de 0,7 kW
 - 1 unité à Gizo
10. Chambre froide (-5°C), capacité 2t, modèle Frigidaire AD
 - 3 unités
11. Groupes frigorifiques cavaliers, modèle Mitsubishi AFL-3
 - Diverses configurations
 - 7 groupes
12. Congélateurs coffres et armoires, capacités jusqu'à 250 l, différents modèles
 - 22 appareils
13. Chambre de congélation, capacité 2t, modèle Prestcold (?)
 - 2 unités

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

g) ILES SALOMON (suite)

14. Chambre de congélation (-20°C); capacité 5t
 - Chambre Hemsec préfabriquée; Frigidaire 5,5kW
 - 1 unité
15. Chambre de congélation, capacité 50t, modèle Bock F4
 - 1 unité
16. Chambre de congélation, capacité 60t, modèle Muller (?)
 - Compresseur semi-hermétique Bitzer
 - 1 unité
17. Congélateur à air forcé, capacité 0,5t/j, modèle Foster BCF 100 Mk2
 - Compresseur Copeland D9RS-1000L
 - 1 unité, SIACO
18. Congélateur à plaques horizontales, capacité estimée 2t/j, modèles Jackstone Froster
 - 1 unité
19. Congélateur à saumure, capacité 50t/j, modèle Maekawa Seisakushu
 - 2 unités, Solomon Taiyo
20. Comptoir frigorifique, modèle BOC-Linde
 - Compresseur hermétique Aspera UJ 2192K CVCR
 - 3 unités
21. Comptoirs frigorifiques conservateurs, modèle BOC-Linde
 - Compresseur Hubbard
 - 2 unités

h) TONGA

1. Générateur de glace en pains, capacité estimée 0,4t/j
 - 2 machines, Ha'apai
2. Générateur de glace en pains, capacité 0,8t/j
 - Bac, évaporateur, etc., de fabrication locale; groupe compresseur-condenseur à carter ouvert Kelvinator Y72-492; groupe électrique de 5,5 kW
 - 1 machine, Vava'u
3. Générateur de glace en pains, 0,8t/j
 - 6 machines dans différents endroits

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite).

h) TONGA (suite)

4. Générateur de glace en paillettes (tubes), capacité 1,5t/j, modèle Holiday 500 AR4
 - Compresseur ouvert Terry 100B-502L; groupe électrique de 11 kW; condenseur à air forcé Mauri VC45 VIZ
 - 2 machines, marché de Vuna, Nuku'alofa
5. Chambre de réfrigération, capacité estimée 5t
 - Chambre préfabriquée Wilkins and Davies; groupe compresseur-condenseur semi-hermétique McAlpine Prestcold de 2,2 kW de puissance estimée
 - 1 unité, marché de Vuna, Nuku'alofa
6. Chambre de réfrigération, capacité 8t
 - Chambre préfabriquée Olympic Hunt and Baird; groupe compresseur-condenseur ouvert Kelvinator K-62-702; groupe électrique de 2,2 kW; évaporateur Recold LLE4 à deux températures
 - 1 unité, Vava'u
7. Chambre de réfrigération, capacité 10t
 - 1 unité, Vava'u
8. Chambre froide, capacité estimée 5t
 - Chambre préfabriquée Wilkins and Davies; groupe compresseur-condenseur semi-hermétique McAlpine Prestcold de 2,2 kW de puissance estimée
 - 1 unité, marché de Vuna, Nuku'alofa
9. Chambre froide, capacité estimée 6t, modèle Resco (?)
 - Groupe électrogène diesel Petter PJI de 8,9 kW
 - 1 unité, Commodities Board, Ha'apai
10. Chambre froide, capacité 7t
 - 1 unité, Vava'u
11. Chambre froide, capacité estimée 8t
 - Chambre préfabriquée Olympic Hunt and Baird; groupe compresseur-condenseur ouvert Kelvinator Y72-372; groupe électrique de 3 kW; évaporateur Recold LLE4 à deux températures
 - 1 unité, Vava'u
12. Chambre froide, capacité estimée 10t
 - Chambre préfabriquée Mitsubishi; deux groupes cavaliers Mitsubishi NWU-2IL de 1,5 kW
 - 1 unité, Nuku'alofa
13. Chambre froide, capacité 10t
 - 1 unité, Vava'u
14. Chambre froide, capacité estimée 10t
 - Chambre préfabriquée Olympic Hunt and Baird; groupe compresseur-condenseur ouvert Kelvinator B29-140N; groupe électrique de 5,5 kW; évaporateur Cartwright Taylor HDPF293
 - 1 unité, Ha'apai

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

h) TONGA (suite)

15. Chambre froide, capacité inconnue
- 2 unités, Ha'apai
16. Chambre/conteneur frigorifique, capacité 17t
- Compresseur semi-hermétique Copeland
- 1 unité, Nuku'alofa
17. Congélateur à air forcé, capacité estimée 5t/j
- Chambre préfabriquée Olympic Hunt and Baird; groupe compresseur-condenseur ouvert Kelvinator B29-140N; groupe électrique de 5,5 kW; évaporateur Cartwright Taylor HDPF293
- 1 unité, Ha'apai
18. Congélateur à air forcé, capacité estimée 7t/j
- Chambre préfabriquée Olympic Hunt and Baird; groupe compresseur-condenseur ouvert Kelvinator T-82; groupe électrique de 11 kW; condenseurs parallèles grande capacité Cartwright Taylor CT HAC 127; évaporateur Cartwright Taylor W6CTFS
- 2 unités, Vava'u
19. Congélateur à plaques horizontales, capacité estimée 1t/j, Nissin BF500
- Compresseur semi-hermétique de 14 kW
- 1 unité, Nuku'alofa
20. Groupe électrogène diesel, puissance 35 kVA
- Moteur diesel Lister HL; alternateur triphasé 415V Dunlite
- 1 unité, Ha'apai (assure l'alimentation électrique des unités 1, 14 et 17)

i) TUVALU

1. Générateur de glace en paillettes, capacité 0,3t/j, modèle Ziegra UB300
- 1 machine
2. Chambre froide (-5°C), capacité 4t
- Chambre préfabriquée Hemsec; groupe frigorifique cavalier Watford
- 1 unité
3. Congélateur coffre, capacité 0,5t, modèle Leonard 4500 FF
- 1 unité
4. Chambre froide, capacité estimée 3t
- Compresseur Frascold de 0,75 kW
- 1 unité

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

i) TUVALU (suite)

5. Chambre de réfrigération, capacité estimée 3 t
 - chambre préfabriquée Frigid; groupe frigorifique cavalier Terry avec compresseur hermétique Copeland All2M de 0,75 kW
 - 3 unités
6. Chambre de réfrigération (-20°C), capacité estimée 4 t
 - chambre préfabriquée Hemsec; groupe frigorifique cavalier Watford
 - 1 unité
7. Comptoir frigorifique (-5°C), modèle Frigcool (?)
 - 2 unités

j) VANUATU

1. Générateur de glace en pains, capacité 0,2 t/j
 - Bac à saumure Hitachi; compresseur Hitachi 501S2-SLR; agitateur de saumure Satake Chemical Co.
 - 1 machine, Port Vila
2. Générateur de glace en pains, capacité 0,25 t/j, modèle McGregor M200
 - Compresseur ouvert Tecumseh; groupe électrique
 - 1 machine
3. Générateur de glace en pains, capacité 0,25 t/j, modèle Coolzone (?)
 - Compresseur ouvert Tecumseh; groupe électrogène diesel Hatz de 3,3 kW
 - 1 machine
4. Générateur de glace en pains, capacité 0,4 t/j
 - Bac à saumure Hitachi; compresseur Hitachi 751S2-SLR; agitateur de saumure Satake Chemical Co.
 - 1 machine, Luganville
5. Générateur de glace en pains, capacité 0,4 t/j, modèle McGregor M400D
 - Compresseur ouvert Tecumseh; groupe électrogène diesel Petter PH1 de 6,6 kW
 - 1 machine
6. Générateur de glace en paillettes, capacité 0,25 t/j, modèle Hoshizaki F-510 AWC
 - Cuve de stockage isolée de 1 t
 - 2 machines, Port Vila
7. Chambre de réfrigération, capacité estimée 2t
 - Chambre préfabriquée Hitachi Reinettsu GOR-1010; compresseur Hitachi RU-150 CAM
 - 1 unité, Luganville

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

j) VANUATU (suite)

8. Chambre de réfrigération, capacité estimée 3t
 - chambre préfabriquée Hitachi Reinetsu 70R-1510; compresseur Hitachi RU109 CAM
 - 3 unités à Port Vila, 1 à Luganville
9. Chambre de réfrigération, capacité estimée 4t
 - chambre préfabriquée Hitachi Reinetsu 70R-2010; compresseur Hitachi RU-109 CAM
 - 1 unité, Port Vila
10. Chambre de réfrigération, capacité estimée 7t, modèle Redpath (?)
 - chambre préfabriquée avec isolation de 15 cm; groupe frigorifique cavalier Kelvinator; groupe électrogène de 15 kVA
 - 1 unité
11. Réfrigérateur/congélateur coffre (-1°C ou -13°C), capacité 0,1 t modèle Electrolux RAK100
 - Alimentation pétrole ou gaz propane
 - 10 appareils
12. Congélateur coffre, capacité 0,2 t, modèle Hitachi RS-5203
 - 1 appareil
13. Chambre froide, capacité estimée 7 t
 - 2 chambres préfabriquées Hitachi Reinetsu, modèles 70T-1510 (3 t) et 70T-2010 (4 t); 3 compresseurs Hitachi RU-152 CAL et 1 compresseur Hitachi RU-201 CAL
 - 1 unité, Port Vila
14. Congélateur à air forcé (-35°C), capacité 0,6 t/j
 - chambre préfabriquée Hitachi Reinetsu 70F-2010; compresseur Hitachi 751S-SLR; évaporateur Sakura Choon RE-57168
 - 1 unité, Port Vila
15. Comptoir frigorifique, modèle McAlpine CD (différents types)
 - 3 appareils
16. Comptoir frigorifique, modèle Hoshizaki RS-9DLG
 - 1 appareil
17. Comptoir frigorifique, modèle Hoshizaki FS-9D3LG
 - 1 appareil

Annexe 2 - Inventaire partiel du matériel frigorifique en service dans le
secteur des pêches des pays insulaires du Pacifique (suite)

k) SAMOA-OCCIDENTAL

1. Générateur de glace en paillettes, capacité lt/j, modèle Tagawa NF-FS-1
 - compresseur à carter ouvert, transmission par courroie, moteur électrique de 5,5 kW; condenseur à eau avec tour de refroidissement
 - 1 machine
 2. Chambre de réfrigération (-5°C), capacité estimée 5 t
 - chambre préfabriquée; groupe frigorifique cavalier Mitsubishi NWU-31H
 - 1 unité
 3. Chambre froide (-20°C), capacité estimée 8t
 - chambre préfabriquée; deux groupes frigorifiques cavaliers Mitsubishi NWU-21L
 - 3 unités
 4. Chambre froide (-20°C), capacité estimée 10t
 - chambre préfabriquée; trois groupes frigorifiques cavaliers Mitsubishi NWU-20L
 - 1 unité
 5. Comptoir frigorifique, modèle McAlpine Snowline A8SM
 - 2 unités
 6. Groupe électrogène diesel, puissance 35 kVA, modèle Yanmar YPG-40
 - 1 groupe
-

Annexe 3. Projet de programme (résumé) du cours de formation de techniciens frigoristes

1. Objectifs

Former des techniciens frigoristes dans le secteur des pêches du Pacifique afin qu'ils soient en mesure d'entretenir et de réparer les installations frigorifiques en service dans leurs pays respectifs.

2. Programme résumé du cours

(a) Notions fondamentales (trois semaines)

Initiation aux principes fondamentaux des systèmes frigorifiques (théorie et pratique)

- système frigorifique mécanique
- organes mécaniques de commande et de régulation
- frigorigènes et huiles
- outils et instruments

(b) Electricité (4 semaines)

Connaissance des systèmes électriques utilisés dans les installations frigorifiques (théorie et applications pratiques)

- Loi d'Ohm
- groupes électrogènes et moteurs CA/CC
- composants électriques des installations frigorifiques
- schémas

(c) Entretien des moteurs diesel (1 semaine)

Programmes d'entretien périodique et identification des pannes des moteurs diesel utilisés comme groupes moteurs ou comme groupes électrogènes

- principes de fonctionnement des moteurs diesel
- dispositif d'alimentation en carburant
- système de graissage
- réglages de soupapes
- décalaminage

(d) Soudage (3 semaines)

Théorie et pratique du sondage sur installations frigorifiques

- sondage autogène (oxyacétylénique)
- brasage
- soudures à l'argent et autres
- aluminium
- sondage à l'arc électrique

Annexe 3. Projet de programme (résumé) du cours de formation de techniciens frigoristes (suite)

(e) Entretien et réparation des installations frigorifiques (6 semaines)

Application pratique en conditions réelles des cours (a) - (d)

- planification des entretiens périodiques
- visites d'entretien
- diagnostic des pannes et réparations
- tenue des carnets d'entretien
- utilisation des catalogues et commande de pièces

(f) Initiation à la conception et à la construction d'installation (1 semaine)

Eléments de choix du matériel approprié

- calcul de la charge thermique
- propriétés des matériaux de construction
- implantation des équipements frigorifiques

(g) Stockage et manutention du produit (1 semaine)

Théorie et pratique de la conservation au froid des produits de la mer

- altération du poisson
- effets de la congélation
- facteurs suffisant sur la durée de conservation en entrepôt
- changement des enceintes frigorifiques et manutention

(h) Evaluation des connaissances (1 semaine)

Un spécialiste interne évaluera les connaissances et compétences acquises par les stagiaires.
